

**Aus der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Christian Hagl**

**Vergleich der partiellen unteren Ministernotomie mit der konventionellen
kompletten Sternotomie bei der operativen Revaskularisation der vorderen
Herzkranzarterie am schlagenden Herzen anhand einer Langzeitbeobachtung**

**Aus der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Christian Hagl**

**Vergleich der partiellen unteren Ministernotomie mit der konventionellen
kompletten Sternotomie bei der operativen Revaskularisation der vorderen
Herzkranzarterie am schlagenden Herzen anhand einer Langzeitbeobachtung**

**Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München**

**vorgelegt von
Wolfgang Meierin
aus München**

2013

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichtersteller:

Prof. Dr. med. Christoph Schmitz

Mitberichtersteller:

Priv. Doz. Dr. med. Joachim Andrassy

Prof. Dr. med. Stefan Milz

Prof. Dr. med. Bernhard Michael Kemkes

Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:

Herr Dr. med. H. Mair

Dekan:

Prof. Dr. med. Dr. hc. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 20.06.2013

MEINER FAMILIE GEWIDMET

INHALTSANGABE

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1 EINLEITUNG	9
1.1 Der Zugang zum Herzen bei Bypassoperationen	9
1.2 Fragestellung und Studienziele	11
2 GRUNDLAGEN	13
2.1 Die koronare Herzkrankheit: Diagnostik und Therapie	13
2.2 Historischer Überblick	16
2.3 Therapieverfahren der kardialen Revaskularisation	18
2.3.1 Interventionell (Perkutane transluminare Koronarangioplastie/Stent)	18
2.3.2 Konventionelle Bypassoperation unter Einsatz der Herz–Lungen– Maschine	19
2.3.3 Operative Revaskularisation am schlagenden Herzen	21
2.4 Verschiedene operative Zugangswege	22
2.5 Laborparameter	27
2.5.1 Inflammationsparameter	27
2.5.2 Myokardmarker	29
2.5.3 Weitere Laborparameter	30
3. PATIENTEN UND METHODEN	32
3.1 Patientenkollektiv	32
3.2 Präoperative Patientencharakteristika	34
3.3 Anästhesie	35
3.4 Laborbestimmung	36
3.5 Operationsverfahren	37
3.5.1 OPCAB-Verfahren mit kompletter Sternotomie	37
3.5.2 OPCAB-Verfahren mit partieller unterer Sternotomie	40
3.6 Postoperativer Verlauf	43
3.7 Statistik	44
4 ERGEBNISSE	45
4.1 Operationsergebnisse	45
4.2 Laborparameter	48

4.2.1	Nierenfunktion	49
4.2.1.1	Kreatinin-Verlauf	49
4.2.2	Entzündungsparameter	50
4.2.2.1	Leukozyten-Verlauf	50
4.2.2.2	CRP-Verlauf	51
4.2.2.3	Interleukin-6-Verlauf	52
4.2.2.4	Tumornekrosefaktor- α -Verlauf	53
4.2.2.5	Tumornekrosefaktor- α p55-Verlauf	54
4.2.2.6	Tumornekrosefaktor- α p75-Verlauf	55
4.2.3	Myocardmarker	56
4.2.3.1	Kreatinkinase-Verlauf	56
4.2.3.2	Kreatinkinase-MB-Verlauf	57
4.2.3.3	Troponin T-Verlauf	58
4.2.4	Weitere Verlaufsparemeter	59
4.2.4.1	Hämoglobin-Verlauf	59
4.3	Follow-Up 2011	60
4.3.1	Langzeitüberleben	60
4.3.2	Komplikationen im Langzeitverlauf	61
4.3.3	Lebensqualität in der Patienten-Bewertung	62
5	DISKUSSION	69
5.1	Perioperative Ergebnisse:	69
5.2	Follow-up 2011	77
6.	SCHLUSSFOLGERUNG	81
7 .	ZUSAMMENFASSUNG	82
8.	LITERATURVERZEICHNIS	84
9.	ANHANG	97
10.	DANKSAGUNG	99
11.	LEBENSLAUF	100

Abkürzungsverzeichnis

ACB	Aorto-koronare Bypassoperation
ACT	Activated Clotting Time
ARDS	Adult Respiratory Distress Syndrome
ARTS	Arterial Revascularization Therapies Study
BMS	Bare-Metal-Stent (Metall-Stent)
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
CABG	Coronary Artery Bypass Grafting
CHD/KHK	Cardial Heart Disease/ Koronare Herzkrankheit
CK	Creatin-Kinase (Kreatinkinase)
CK-BB	Creatin-Kinase (Kreatinkinase; Gehirntyp)
CK-MB	Creatin-Kinase (Kreatinkinase; Herztyp)
CK-MM	Creatin-Kinase (Kreatinkinase; Skelettmuskeltyp)
CK-MiMi	Creatin-Kinase (Kreatinkinase; Mitochondrientyp)
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease (Chronisch obstruktive Atemwegserkrankung)
cTNT	Kardiales Troponin T
DES	Drug-Eluting-Stent (Medikamente freisetzender Stent)
DSWI	Deep Sternal Wound Infection (Mediastinitis)
EACTS	European Association for Cardio-Thoracic Surgery
EKG	Elektrokardiogramm
ERGO	Ergometrie
ESC	European Society of Cardiology
ECC	Extracorporeal Circulation (Extrakorporale Zirkulation)
FiO ₂	Inspiratorische Sauerstofffraktion
FST	Full Sternotomy (komplette Sternotomie)
hpo.	Stunden postoperativ
HLM	Herz–Lungen-Maschine
Il-6	Interleukin-6
IVUS	Intravascular Ultrasound (intravasaler Ultraschall)
Kardio-CT	Herzspezifische Computertomographie
LAD/RIVA	Left Anterior Descending (Artery) (Ramus interventrikularis anterior)
LAST	Left Anterior Small Thoracotomy
LESS	Lower-End Sternal Splitting entspricht PLST
LIMA	Left Internal Mammarial Artery (Linke Arteria mammaria interna)

LITA	Left Internal Thoracical Artery (Linke Arteria thoracica interna)
LMU	Ludwigs-Maximilians-Universität
Log-Euro	Logistischer EuroSCORE
MACCE	Major Adverse Cardiac and Cerebrovascular Events (kombinierter Endpunkt aus Tod, Myokardinfarkt, Schlaganfall und Revaskularisation)
MIDCAB	Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass
NSTEMI	NON-ST Elevating Myocardial Infarction (nicht transmuraler Infarkt ohne ST-Hebung)
OPCAB	Off-Pump Coronary Artery Bypass
PAVK	Periphere Arterielle Verschlusskrankung
PCI	Perkutane Koronar-Intervention
PDA	Posterior Descending Artery (Ramus interventrikularis posterior)
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
PLST	Partial Lower Sternotomy (Partielle untere mediane Sternotomie)
PTCA	Percutane transluminare Koronarangioplastie
QoL	Quality of Life (Lebensqualität)
RCX	Ramus circumflexus
RCA	Rechte Koronararterie
RIMA	Right Internal Mammarial Artery (Rechte Arteria mammaria interna)
RITA	Right Internal Thoracical Artery (Rechte Arteria thoracica interna)
SIRS	Systemic Inflammatory Response Syndrome
SPECT	Single Photon Emission Computed Tomography (Einzelphotonen-Emissionscomputertomographie)
STEMI	ST Elevating Myocard Infarction (transmuraler ST-Hebungs Infarkt)
TECAB	Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass
TMLR	Transmyokardiale Laserrevaskularisation
TNF- α	Tumornekrosefaktor alpha
TTFM	Transit-Time-Flow-Measurement
UKG	Ultraschallkardiographie
vs.	versus

1 Einleitung

1.1 Der Zugang zum Herzen bei Bypassoperationen

Die operative Revaskularisation des Herzens bei koronarer Herzerkrankung (KHK) erfordert einen Zugang zum Herzen, der einen ausreichenden Operationssitus ermöglicht. Dies geschieht in der Regel über die Eröffnung des Brustkorbes mittels medianer Sternotomie. Eine gefürchtete Komplikation ist dabei eine Wundinfektion oder Instabilität des Sternums. Im Bericht der Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung von 2008 wurde der Anteil von Patienten nach isolierter Koronarchirurgie mit niedrigem Risikoprofil (n=36.295), die eine Rethorakotomie benötigten, mit 4,8% angegeben. Des Weiteren waren eine schwere tiefe Wundheilungsstörung des Thorax oder eine Mediastinitis in 0,5% die Ursache für einen erneuten Eingriff am Sternum. Patienten, die sich aufgrund einer revisionsbedürftigen Sternuminstabilität einer weiteren Operation unterziehen mussten, wurden mit 0,6% angegeben (BQS 2008). Stähle hatte bereits in einer Studie von 1997 gezeigt, dass ein unverheiltes Sternum zwar kurzfristig keinen Einfluss auf das Überleben hat, in der Langzeitbetrachtung verschlechterte sich die Prognose hinsichtlich des Überlebens, auch unter Berücksichtigung vieler anderer Einflußfaktoren, jedoch beträchtlich (Stähle 1997): Er hatte in der Analyse operative Eingriffe am offenen Herzen zwischen 1980 und 1995 mit 13.285 Fällen erfasst. Die Inzidenz einer sternalen Wundinfektion mit notwendiger Reoperation lag bei 1,7% nach Bypassoperation (168/9987 Patienten) und bei 0,7% nach Klappenoperation (35/3413 Patienten). Zudem kann die Vorstellung einer großen Herzoperation mit einer langen Narbe auf der Brust für den Patienten ein psychologisches Problem darstellen. Hierzu befragte Crossland in einer der wenigen Untersuchungen zu dieser Problematik Patienten bezüglich ihrer Thorax-Narbe nach herzchirurgischem Eingriffen. Es zeigte sich, dass viele Patienten erhebliche Probleme im Umgang mit ihrer Narbe beschrieben. Bis zu 28% der befragten Personen gaben sogar an, ihre Narbe zu "hassen". Zudem fand eine seitliche Thorakotomie-Narbe eine bessere Akzeptanz als eine Sternotomie-Narbe (Crossland 2005).

Da man sich der Invasivität einer kompletten Sternotomie (FST = Full Sternotomy) mit seinen Komplikationen wie Instabilität, Infektion, Schmerzen und psychischen Stress durchaus bewusst war, wurden weniger invasive Zugangswege zum Herzen entwickelt (Niinami 2001). Einer der etablierten Zugangswege in der Bypasschirurgie

für die Revaskularisation der LAD bzw. der Vorderwand des Herzens ist das MIDCAB-Verfahren (Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass), eine vergleichsweise kleine, links-lateral gelegene Thorakotomie (Detter 2002). Weitere alternativ minimalinvasive Zugangswege zur Herzvorderwand sind das TECAB-Verfahren (Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass) und die partielle untere Teil-Sternotomie (Partial Lower Sternotomy = PLST). Die partielle untere Teil-Sternotomie hatte Niinami bereits 2001 als gute Alternative zu bisherigen operativen Methoden vorgestellt. Er bezeichnete diesen Zugang als LESS (Lower-End Sternal Splitting) und beschrieb neben der erhaltenen Stabilität des Brustbeines eine Offenheitsrate der Bypässe von 95,5 %. Bei all diesen minimalen Zugangswegen konnte auf eine extrakorporale Kreislaufzirkulation verzichtet und die Operation in der "Off-Pump"-Methode (OPCAB = Off-Pump Coronary Artery Bypass) durchgeführt werden (Niinami 2001). Neben dem Erhalt der Thoraxintegrität bzw. der Vermeidung von Sternuminstabilitäten sah man weitere mögliche Vorteile in der reduzierten systemischen Immunantwort des Körpers mit verringerter Ausschüttung inflammatorischer Zytokine (Diegeler 2000). Dagegen wird oft der verkleinerte Zugang mit einer Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse und des Operationsfeldes als problematisch angesehen (Vicol 2003).

Inflammatorische Zytokine werden bei allen chirurgischen Eingriffen, wie auch bei einer koronaren Bypassoperation freigesetzt (Fraunberger 2001, Menger 2004): Dabei werden zum Beispiel Interleukine, Tumornekrosefaktoren oder aktivierte Komplement-Faktoren ausgeschüttet. Die Erfassung dieser Zytokine und deren Rezeptoren kann zur Bestimmung von möglichen Einflussgrößen auf ein systemisches Immunantwort-Syndrom oder einen Reperfusionsschaden der Lunge oder des Herzens herangezogen werden (Fraunberger 2001). Menger untersuchte die Interaktionen bezüglich Hyperinflammation und Immunsuppression bei chirurgischen Eingriffen. Als Ergebnis wertete er die Wichtigkeit einer ausgeglichenen Mediator- und Immunzell-assoziierten Balance (Menger 2004). In einer prospektiv randomisierten Studie stellte Diegeler fest, dass sowohl eine inflammatorische als auch eine antiinflammatorische Reaktion bei Bypass-Operationen in Zusammenhang mit dem allgemeinen chirurgischen Trauma stand (Diegeler 2000). Er wählte ebenfalls verschiedene Zugänge zum Herzen. Es konnte jedoch kein Einfluss der jeweiligen Operationsmethode (volle Sternotomie mit und ohne Herz-Lungen-Maschine (HLM) sowie links-anteriore Thorakotomie ohne HLM

festgestellt werden. Der Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine stellte hingegen in seiner Untersuchung eine wesentliche Einflussgröße in der intra- und postoperativen Immunantwort dar (Diegeler 2000).

1.2 Fragestellung und Studienziele

In der Herzchirurgischen Klinik der LMU München etablierte sich seit Ende der neunziger Jahre in zunehmendem Maße die Bypass-Chirurgie ohne den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Standardmäßig werden die Eingriffe am schlagenden Herzen über eine komplette mediane Sternotomie (FST) durchgeführt. Dies galt auch, wenn lediglich die Vorderwand zu revaskularisieren war.

In dieser Studie wurde die partielle untere Teilsternotomie (PLST) als alternativer Zugangsweg für die Revaskularisation der Vorderwand untersucht. Die Patienten, die über eine partielle untere Teilsternotomie operiert wurden, stellen die Beobachtungsgruppe dar. Die Vergleichsgruppe wurde über eine komplette mediane Sternotomie (FST) operiert. Die hier vorgelegte Studie wurde durchgeführt, um die kurzfristigen Ergebnisse bezüglich einer unphysiologischen Aktivierung des Immunsystems bei zwei unterschiedlichen Zugangswegen zum Herzen zu erfassen. Dadurch kann abgeschätzt werden, ob sich Nachteile oder Gefahren für die Patienten ergeben. Auch sollten Hinweise zur Qualität der Revaskularisation oder aber zu operationsbedingten Myokardschäden abgeleitet werden.

Die begrenzte Sicht auf das verkleinerte Operationsfeld, in hier beschriebenen Fall die Vorderwand des Herzens mit LAD und Diagonalast als Zielgefäße, stellte jedoch eine Erhöhung des Schwierigkeitsgrades in der Operationsausführung dar. Ein Kritikpunkt dieser kleineren Zugangswege könnte daher sein, dass zugunsten der Kosmetik eine ungenaue und unsichere Operationsdurchführung in Kauf genommen und daher der Patient gefährdet würde. In dieser Studie wurden daher die operativen und postoperativen Ergebnisse sowie der Langzeitverlauf der beiden Gruppen miteinander verglichen.

Als operative Parameter wurden vor allem Länge des Hautschnittes, Anzahl der Anastomosen und Operationszeiten herangezogen. Im unmittelbaren postoperativen Verlauf wurden klinische Parameter wie Stabilität des Brustbeines nach Osteosynthese, Intubationsdauer, Intensivliegezeit und Krankenhaus-Aufenthaltsdauer sowie die Reoperationsraten und -ursachen verglichen. Da ein limitierter Zugang

theoretisch die Blutstillung erschweren kann, wurden postoperative Blutverluste, Hämoglobin und sich die daraus ergebenden Konsequenzen, wie beispielsweise Rethorakotomien, dokumentiert.

Der Verlauf von Laborparameter wurde von präoperativ bis fünf Tage postoperativ bestimmt. Damit sollte als sekundäres Studienziel der Einfluss der operativen Zugangswege (PLST vs. FST) auf das Ausmaß der Inflammation und das Risiko einer intraoperativen myokardialen Ischämie dargestellt werden.

Eine der primären Fragestellungen war die Offenheit der Bypassgrafts. Da postoperative Herzkatheter-Untersuchungen nicht als Routineverfahren durchgeführt werden können, wurden verschiedene Laborparameter, die auf eine mögliche Bypassstenose oder einen -verschluss hinweisen, ermittelt. Postoperativ weisen erhöhte Myokardmarker auf einen möglichen Bypassverschluß hin, die in der Zusammenschau mit klinischen und nicht invasiven diagnostischen Parametern zu weiteren invasiven Maßnahmen bis hin zur operativen Revisionen führen können. Im Langzeitverlauf wurde die Offenheitsrate der Bypasses durch den klinischen Verlauf der Patienten sowie durch nicht invasive Untersuchungsmethoden (hausärztliche EKG-, UKG- und ergometrische Untersuchungen) überprüft. Nur bei typischem Beschwerdebild wurde eine Herzkatheter-Untersuchung durchgeführt oder im Rahmen der Nachuntersuchung ein Kardio-CT angeboten.

Eine weitere primäre Fragestellung bezieht sich auf das kosmetische Ergebnis. Dieses wurde über die Länge der operativen Narbe und im Langzeitverlauf durch die Zufriedenheit des Patienten mit ihrer Narbe ermittelt.

Um Langzeitverlauf, Patientenzufriedenheit, postoperative Veränderung der Lebensqualität und den postoperativen Gesundheitszustand zu ermitteln, wurde ein Fragebogen („Follow-Up 2011“) an die Patienten versandt. Die primäre Frage nach dem Langzeitüberleben der Patienten und eventuelle Unterschiede zwischen den Gruppen wurde durch das aktuarisierte Überleben nach Kaplan-Meier dargestellt.

2 Grundlagen

2.1 Die koronare Herzkrankheit: Diagnostik und Therapie

Den Herz-Kreislauf-Erkrankungen, im Besonderen dem Myokardinfarkt, ist eine zentrale Position bei der heutigen Morbidität der westeuropäischen Bevölkerung zuzuordnen. Während weltweit die Infektionserkrankungen die statistischen Listen anführen, ist der plötzliche Herztod in Deutschland die Haupttodesursache. Entsprechend der Daten des Statistischen Bundesamtes starben 2010 in Deutschland allein am akuten Myokardinfarkt 55.541 Patienten (6,47%) und an den Folgen der chronisch-ischämischen Herzkrankheit 72.734 Patienten (8,47%). Summiert man die Zahlen der Verstorbenen, die an den Folgen einer Herzinsuffizienz (n=48.306, 5,62%), eines Schlaganfalles (n=23.675, 2,76%) oder einer hypertensiven Herzerkrankung (n=20.604, 2,40%) starben, so finden sich diese Erkrankungen seit Jahren immer in der ersten Hälfte der Todesstatistiken (Gesamtzahl der Verstorbenen 2010: n=858.768; Statistisches Bundesamt 2010).

Durch gezielte diagnostische Maßnahmen kann die koronare Herzerkrankung (KHK) gut erfasst werden. Hierzu stehen verschiedene Untersuchungsmethoden zur Verfügung, wobei die Herzkatheter-Untersuchung zur genauen Lokalisation von Engstellen im Gefäßsystem nach wie vor den Goldstandard darstellt. 2010 wurden deutschlandweit 881514 Linksherzkatheter-Untersuchungen durchgeführt, davon in Bayern 125099 (Statistisches Bundesamt 2010). Weitere wichtige Säulen der Basisdiagnostik der KHK stellen neben der Klinik und der Patientenanamnese das Elektrokardiogramm (EKG), das Ultraschallkardiogramm (UKG), die Ergometrie und klinisch chemische Parameter, vor allem Myokardmarker dar. Darüber hinaus können weiterführende Untersuchungen wie das Kardio-Computertomogramm (Kardio-CT), Einzelphotonen-Emissionscomputertomographie (SPECT), Positronen-Emissions-Tomographie (PET), Magnetresonanz-Angiographie, intravasaler Ultraschall (IVUS) oder Myokardperusions-Szintigraphien für zusätzliche Informationen sorgen (Herold 2012). Nach Sicherung der Diagnose einer KHK sind entsprechende therapeutische Maßnahmen erforderlich. Dabei ist eine enge Zusammenarbeit zwischen erstbehandelndem Hausarzt und spezialisiertem Kardiologen wichtig. Zusätzlich sollten aufklärende Schritte schon im Vorfeld sich entwickelnder Erkrankungen stattfinden.

Die KHK ist in ihrer Pathogenese als entzündlich zu werten. Libby beschrieb 2005 den "vulnerablen" Plaque der Gefäßwand. Hieraus konnte abgeleitet werden, dass die Kenntnis von Inflammationsprozessen die Diagnostik und das therapeutische Regime beeinflussen kann (Libby 2005).

Die prophylaktischen Maßnahmen stehen zunächst im Vordergrund (Herold 2012): insbesondere sind aufklärende, die Lebensumstände des Patienten näher beleuchtende Gespräche notwendig. Eine Lifestyle-Änderung ist häufig erforderlich. Dabei stehen Gewichtsnormalisierung und diätetische Modifikationen, Vermeiden von Noxen wie Nikotinkonsum und Stress, sowie Intensivieren des moderaten körperlichen Trainings im Vordergrund (Herold 2012). Der Japaner Tada et al. beschrieb zum Beispiel in einer Auswertung mehrerer Kohorten-Studien den Zusammenhang einer geänderten Ernährungsweise und dem Auftreten einer koronaren Herzerkrankung in Japan in den Nachkriegsjahren und in den Jahren bis 2009 (Tada 2011): So war unter anderem beobachtet worden, dass durch Genuss von 180 g Fisch/Tag (das entspricht 2.4 g/dl ungesättigter Fettsäuren) das Auftreten einer KHK um 37% reduziert wurde. Hieraus resultierte die Vorstellung einer "JAPAN-Diät", die auf dem vermehrten Konsum von pflanzlicher Nahrung und Fischprodukten einerseits und der Reduktion von Kohlehydraten und tierischen Fetten andererseits basiert (Tada 2011).

Bei fortschreitender Symptomatik oder Manifestation der Erkrankung sind weiterführende Maßnahmen erforderlich (Herold 2012): Die Therapie der KHK erfolgt zum einen medikamentös mit den als Basismedikation verwendeten Thrombozytenaggregationshemmern, Betablockern und Statinen, zum anderen durch symptomatische Behandlung mit Nitraten oder Kalziumantagonisten. Im Akutfall ist gegebenenfalls eine Lysetherapie in Erwägung zu ziehen (Herold 2012). Darüber hinaus kann eine Revaskularisation zur Verbesserung der koronaren Durchblutung und der kardialen Leistungsfähigkeit mittels perkutaner transluminaler Koronar-Angioplastie (PTCA) mit der Möglichkeit der Implantation einer Gefäßstütze (Stent) oder der operativen Koronarrevaskularisation (ACB oder CABG) durchgeführt werden (Herold 2012). Auf die Durchführung dieser Maßnahmen wird im Folgenden noch genauer eingegangen.

Die operative Revaskularisation des Herzens hat sich in den letzten Jahren rasant weiter entwickelt (Kowert 2009). Die etablierten Operationsmethoden basierten auf einer Eröffnung des Brustkorbes über eine mediane Sternotomie unter

anschließender Verwendung einer Herz-Lungen-Maschine. Hiervon ausgehend wurden weitere Methoden getestet, um bisherige Beeinträchtigungen und Komplikationen wie Sternuminstabilität, Infektionen und kosmetische Irritationen zu untersuchen. Darüber hinaus versuchte man durch alternative Zugänge zu den Koronargefäßen. Die postoperative Belastung für die Patienten zu mindern (Diegeler 2000, Niinami 2001). Das Vermeiden der HLM, aber auch das Vermeiden von Fremdblut-Transfusionen hat sich hier als positiv erwiesen (Rastan 2007). Durch eine koronare Bypass-Operation kann der Koronarfluss insgesamt gebessert werden. Die verbesserte Myokarddurchblutung sorgt für eine Steigerung der Leistungsfähigkeit des Herzens (Endo 2000). Die Lebensqualität verbessert sich deutlich, auch die Lebenserwartung kann verlängert werden (Herold 2012). Wichtig dabei ist die präzise Indikationsstellung, die Auswahl der Patienten und die entsprechende Einteilung in dringliche und elektive Fälle, um ein Operationsregime genau planen zu können. Entscheidend für den Erfolg ist die individuelle Begutachtung jedes einzelnen Patienten. Es ist nicht möglich oder zulässig, Patienten in Gruppen einzuteilen, die dann standardisierten Vorgängen zugeführt werden. Jede Indikationsstellung ist ein in sich greifendes System von ärztlicher Erfahrung, jeweiliger Einstufung des Patienten und Planung des weiteren Betreuungsregimes (Friedrich 2005). Neben der unbedingten Voraussetzung eines handwerklichen Vermögens des Herzchirurgen muss auch die Narkose von spezialisierten Anästhesiologen durchgeführt werden.

In besonderem Maße werden neue Operationstechniken zur Vermeidung einer Herz-Lungen-Maschine bei aortokoronarer Bypass-Operation zur Anwendung gebracht: Die gängigsten Verfahren sind die Zugänge über eine seitliche Inzision (MIDCAB) und Eröffnung des Thorax unter der Brust und die partielle untere Sternotomie (PLST) unter Erhalt des nicht durchtrennten Manubrium sterni (Niinami 2001). Die kurzfristigen und mittleren Beobachtungsergebnisse zeichnen bislang kein einheitliches Bild. Eindeutige und signifikante Unterschiede konnten bis heute nicht gefunden werden. In einzelnen Bereichen ergaben einige Studien jedoch immer leichte Vorteile bei verkleinerten Zugängen. So stellte Lapierre fest, dass bei MIDCAB-Eingriffen weniger Wundinfektionen und eine schnellere postoperative Rekonvaleszenz zu beobachten waren. Bei den MIDCAB-Eingriffen konnte keine Wundinfektion beobachtet werden, dagegen fanden sich sechs Fälle (4%) in der Vergleichsgruppe (OPCAB mit Sternotomie; $p=0,02$). Die Rückkehr zu normalen

physiologischen Aktivitäten erfolgte in der MIDCAB-Gruppe nach durchschnittlich zwölf Tagen, in der OPCAB-Gruppe brauchten die Patienten hierfür mehr als fünf Wochen (Lapierre 2011).

2.2 Historischer Überblick

Bereits in der Bevölkerung des alten Ägyptens fand man Hinweise für arteriosklerotische Gefäßerkrankungen. Allam diagnostizierte 2011 im Rahmen der Horus-Studie Karotis- und Koronarstenosen bei ägyptischen Mumien. Das CT der Prinzessin Ahmose-Meryet-Amon, die zwischen 1580 und 1550 v.Chr. lebte, zeigte Verengungen an der linken und rechten Koronararterie, die offensichtlich zum Tod durch Herzinfarkt geführt hatten (Allam 2011). In der Römerzeit wurden weitere Schilderungen einer kardialen Symptomatik überliefert. Der Philosoph Seneca hatte hierzu eigene Erfahrungen vor allem hinsichtlich seines fragilen Gesundheitszustandes mit ausgeprägter Atemnot geschildert (Seneca Lucilio suo salutem, Epistulae morales, 62-64 n.Chr.).

Die erstmalige Beschreibung eines Herzinfarktes durch Amatus Lucitanus (1511 - 1568) ist historisch bedeutsam. Er hatte den plötzlichen Tod eines Priesters, der sich unmittelbar zuvor an das Herz gefasst hatte, auf eine Verstopfung am Herzen zurückgeführt (Toellner 1998).

Die Funktion der Koronararterien hatte später William Harvey beschrieben und bei der Obduktion eines Patienten auch "steinharte Fetteinlagerungen" an den Gefäßen festgestellt (Goddemeier 2007). Hier wurde erstmals der Zusammenhang zwischen Angina pectoris und Koronarplaques beschrieben. Der Londoner Arzt Dr. Heberden beschrieb im Jahr 1786 die klinische Angina pectoris-Symptomatik (Silverman 1987). Im 19. Jahrhundert begann man mit Nitraten zu behandeln. Außerdem wurden Opiate und Narkotika zur Therapie herangezogen.

Die Entwicklung einer eigenen Sparte der Chirurgie, der Herzchirurgie, wurde mit der ersten Herznaht durch Ludwig Rehn (1896) eingeläutet (Boettcher 2006). Zuvor hatte noch der schon zu Lebzeiten berühmte Chirurg, Theodor Billroth (1829-1894), die Möglichkeit eines operativen Eingriffes am Herzen vehement abgelehnt: "Der Chirurg, der jemals versuchen würde, eine Wunde am Herzen zu nähen, kann sicher sein, dass er die Achtung seiner Kollegen auf immer verlöre" (Billroth 1881). Dies sollte sich ändern.

Im Jahre 1929 erfolgte erstmals die Katheterisierung des Herzens durch Werner Forssmann (Blömer 2006). Mason Sones führte dann im Jahr 1957 eine selektive Koronararteriographie ein (Sones 1962). Somit wurde die Basis für Eingriffe an den Kranzgefäßen geschaffen, Favaloro führte diese Operation dann erstmalig durch (Favaloro 1998, Endo 2000).

Gibbon, Lillehei und Kirklin trieben die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine (HLM) voran. Erste experimentelle Modelle stellte Gibbon bereits 1937 vor. Voraussetzung für den Einsatz der HLM war die Entdeckung des Heparins durch Jay McLean im Jahre 1916. Gibbon korrigierte 1954 erfolgreich einen Vorhofseptum-Defekt bei einer 18-jährigen Frau. Die Patientin war insgesamt 45 Minuten an die HLM abgeschlossen. Dieser Eingriff war richtungsweisend, da nun Operationen am ruhenden Herzen durchgeführt werden konnten (Gibbon 1954).

1960 führte Robert Goetz die erste erfolgreiche Bypass-Operation durch. Dabei verband er die rechte Arteria mammaria interna und die rechte Koronararterie mittels einer modifizierten Tantalum-Payr-Kanüle (Konstantinov 2000).

In Deutschland gab Rudolf Zenker der extrakorporalen Zirkulation weitere Impulse (Zenker 1957). Zuvor hatte W.G. Bigelow die Hypothermie zur Herz-Protektion eingeführt. Favaloro entwickelte die Implantation von Venengrafts. Er gilt als einer der Pioniere der modernen Bypasschirurgie (Favaloro 1998).

Im weiteren Verlauf erfolgte die Entwicklung minimal-invasiver Operationen. Die vordergründige Idee war die Vermeidung der Herz-Lungen-Maschine zur Reduktion bekannter Komplikationen wie Infektion oder Aktivierung des Immunsystems (Buffolo 1990): In seiner Untersuchung wurden zwischen 1981 und 1988 593 Patienten, die ohne Einsatz der HLM operiert wurden, mit einer Gruppe von 3086 Patienten, die im konventionellen Verfahren revaskularisiert wurden, verglichen. Dabei zeigte sich nach sieben Jahren unter anderem, dass die Gesamtmortalität in der Off-Pump-Gruppe bei 1,7% (10/593) lag, während sie in der Vergleichsgruppe mehr als doppelt so hoch lag (3,8%). Daraus leitete Buffolo ab, dass durch Vermeidung der HLM bessere Ergebnisse hinsichtlich der Gesamt-Mortalität und -Morbidity erzielt werden können. Weitere Vorteile waren niedrigere Kosten und die Vermeidung von Bluttransfusionen. Die OPCAB-Operationen hatten in seiner Studie im Verlauf kontinuierlich zugenommen. Er nahm an, dass bis zu 19% aller Patienten, die einer Bypass-Operation zugeführt werden sollen, nach dieser Methode operiert werden könnten (Buffolo 1990).

2.3 Therapieverfahren der kardialen Revaskularisation

2.3.1 Interventionell (Perkutane transluminare Koronarangioplastie/ Stentimplantation)

Die perkutane Koronarangioplastie wurde Ende der siebziger Jahre klinisch eingeführt. Das interventionelle Verfahren mit Ballontechnik wird seit 1977 eingesetzt (Grüntzig 1979).

Auch wenn zahlreiche Untersuchungen darauf hinweisen, dass die interventionelle Methode sogar bei akuten Infarkten wirksam zur Vermeidung von folgenschweren Herzmuskelschäden angewandt werden kann (Bauer 2012), so stellt die Gefahr der Restenosierung immer noch die größte Herausforderung dar. Dies führte zur Entwicklung von Gefäßstützen (Stents) und modifizierten Verfahren, wie zum Beispiel medikamenten-freisetzender Stents.

Dennoch zeigen die Ergebnisse der Syntax-Studie bereits, dass die Ergebnisse nach Bypassoperation durchaus bessere Aussichten hinsichtlich eines Infarktgeschehens erbrachten (Serruys 2009): In der 2009 veröffentlichten prospektiv randomisierten Studie hatte Serruys eine Gruppe von 1.800 Patienten mit koronarer Dreigefäß- oder Hauptstammerkrankung in die Studie eingeschlossen. Das Verhältnis der interventionell behandelten Patienten lag 1:1 zu den Patienten mit Bypass-Operation. Nach zwölf Monaten war das Auftreten von MACCE bei der Stent-Gruppe signifikant höher als in der Bypass-Gruppe (17,8% bei PCI vs. 12,4% bei CABG; $p=0,002$). Die Überlebensrate war nach zwölf Monaten in beiden Gruppen annähernd gleich (Serruys 2009). Bei den Dreijahres-Ergebnissen zeigte sich eine weiterhin deutlich höhere Rate von Revaskularisationen in der PCI Gruppe als in der CABG-Gruppe (38,0% PCI vs. 16,4% CABG). Schwerwiegende kardiale Ereignisse (MACCE) bei interventionell behandelten Patienten waren signifikant höher als bei den operativ versorgten Patienten (33,7% PCI vs. 21,1% CABG). Patienten mit schwieriger Koronar-Morphologie (hoher Syntax-Score) profitierten eher von einer Bypass-Operation (Head 2012).

2.3.2 Konventionelle Bypassoperation unter Einsatz der Herz–Lungen–Maschine

Die konventionelle Bypass-Operation ist seit den sechziger Jahren ein standardisiertes Verfahren zur Myokardrevaskularisation (Green 1971, Garrett 1973, Kolessov 1976). Die klassische Bypassoperation wird nach wie vor unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine (Abbildung 1) durchgeführt. Sie soll die Funktion des Herzens und der Lunge für einen kurzen Zeitraum, der eigentlichen Myokardrevaskularisation, übernehmen. Der Aufbau dieser mittlerweile sehr komplexen Apparatur kann vereinfacht wie folgt beschrieben werden: nachdem eine Kanüle in den rechten Vorhof eingelegt wurde, wird das sauerstoffarme Blut abgeführt und in ein Reservoir transportiert. Dann wird es in einen Membran-Oxygenator geleitet, in dem der Gasaustausch stattfindet. Hier wird das Blut mit Sauerstoff angereichert und Kohlendioxid entzogen. Dabei können gegebenenfalls auch erforderliche Medikamente zugeführt werden. Über ein Pumpensystem (Roller- oder Zentrifugalpumpen) wird das Blut zunächst in einen Wärmetauscher und dann in einen Mikrofilter geleitet. Dieser sorgt dafür, dass keine Luftbläschen und Mikrogerinnsel in den Kreislauf gelangen. Dann wird das Blut wieder dem Körperkreislauf zugeführt. Die inneren Areale der durchflossenen Systeme sind thrombogen, so dass eine Vollheparinisierung (400 IE/kg Körpergewicht für eine ACT (Activated Clotting Time) < 480 Sekunden) erforderlich ist. Weiterhin ist eine ausreichende Dimensionierung der jeweiligen Komponenten notwendig, um das Ruhe-Herzzeitvolumen (etwa 2,4 bis 2,8 l/min/Quadratmeter Körperoberfläche) eines Menschen gewährleisten zu können. Die Überwachung einer HLM wurde früher von erfahrenen Ärzten übernommen. Heute leiten spezialisierte Teams aus Kardiotechnikern die einwandfreie Funktion einer HLM.

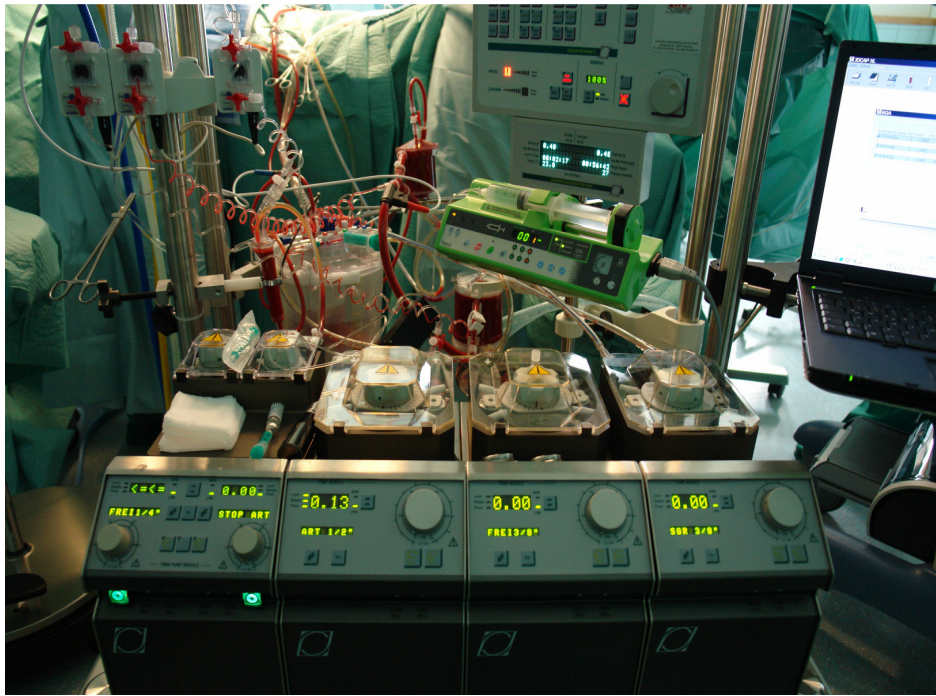


Abbildung 1: Herz-Lungen Maschine (HLM)

Ein weiteres Ziel der vorübergehenden extrakorporalen Zirkulation ist es, die durchflossenen Organsysteme so zu konditionieren, dass sie alle präoperativen Funktionen nach dem stattgehabten Eingriff wieder übernehmen können.

Es treten aber auch unerwünschte Faktoren auf. In Pumpensystemen und Filtern zum Beispiel werden Erythrozyten traumatisiert. Es kommt zur Hämolyse. Zudem können Störungen des Wasser- und Elektrolyt-Haushaltes, sowie des Glukosestoffwechsels auftreten. Auch Embolien und vermehrte Blutungen als Folge der Gerinnungshemmung (Heparin) sind möglich. Hieraus entsteht ein nicht unerhebliches Risiko, unter anderem ein systemisches Entzündungssyndrom, auch "Post-Perfusions-Syndrom" genannt. Die entsprechende Immunantwort führt zu einer Komplementaktivierung, Zytokinfreisetzung, Leukozytenaktivierung und Aktivierung weiterer Inflammationsparameter. Bei einigen Patienten kann dies auch in ein fulminantes sogenanntes Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) münden.

Andererseits bietet die Nutzung der HLM mit kompletter Ruhigstellung des Herzens die Darstellung eines übersichtlichen Operationsfeldes. Dies erleichtert eine präzise Anastomosierung der entsprechenden Gefäße (Gibbon 1954). Heute ist die extrakorporale Zirkulation als Standard unverzichtbar. Die Entwicklung der

minimalinvasiven Chirurgie ohne HLM und ohne Manipulation an der Aorta zeigt aber eine zunehmende Tendenz (BQS 2008).

2.3.3 Operative Revaskularisation am schlagenden Herzen

Die sogenannte “Beating-Heart“-Chirurgie stellt eine Weiterentwicklung dar. Es wird auf den Einsatz der HLM verzichtet. Die Operation am schlagenden Herzen, wie sie seit Mitte der neunziger Jahre an der Herzchirurgischen Klinik des Klinikums Großhadern durchgeführt wird, soll hier kurz vorgestellt werden: das Zielgefäß für einen Bypass wird durch eine externe Fixierung ruhiggestellt. Eines der ersten Systeme war das 1997 von Medtronic (Minneapolis, US) entwickelte Octopus[®]-System. Abbildung 2 zeigt ein weiteres Off-Pump Stabilisationssystem der Firma Guidant (Axis[®] System), welches häufig an der Herzchirurgischen Klinik des Klinikums Großhadern verwendet wird. Das Prinzip beider Systeme sieht vor, dass das Areal um das zu anastomosierende Gefäß mittels zweier Silikonarme, die parallel zum Gefäß auf der Oberfläche des Herzens aufgebracht wurden und sich über ein Vakuum am Herzen ansaugen, stabilisiert wird. In ruhiger Atmosphäre kann ein entsprechendes Bypassgefäß (Arterien- oder Venenbypass) aufgenäht werden. Gegebenenfalls kann kurzfristig auch ein Koronar-Shunt in das native Gefäß eingelegt werden um das Herzmuskel während der Anastomose weiter zu perfundieren. Der Koronar-Shunt wird kurz vor Beendigung der Gefäß-Naht wieder entfernt. Zunächst wurde diese Methode vorrangig bei Eingefäßerkrankungen, insbesondere die linke vordere Kranzarterie (LAD) betreffend, eingesetzt. Im weiteren Verlauf wurde die Methode dahingehend verfeinert, dass durch ein entsprechendes Saugpumpen-Verfahren (z.B. Medtronic Heart-Positioner) die Herzspitze aus dem Thorax luxiert werden kann und dadurch auch Anastomosen auf der Rückseite (rechte Koronararterie und Ramus circumflexus) aufgenäht werden können.

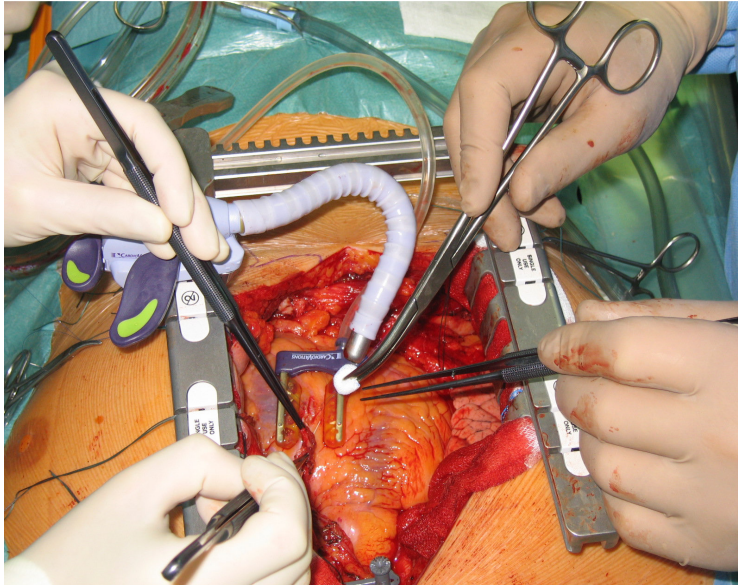


Abbildung 2: Darstellung des Guidant Axius® Systems, das am Thoraxsperrer befestigt ist: Bild aus Sicht vom Kopf des Patienten, (weiß = Fixierarm, durchsichtig = Saugvorrichtung). Zwischen den am Herzen angesaugten Stabilisationsarmen anastomosieren die Chirurgen die LITA und LAD.

2.4 Operative Zugangswege

Die Weiterentwicklung war von Modifikationen beim Zugang zum Operationsgebiet bestimmt. Es wurde der minimal-invasive Zugang über eine linksseitige Thorakotomie entwickelt (LAST: Left Anterior Small thoracotomy oder auch MIDCAB) (Heres 1998). Dabei eröffnete man in einem kleinen Schnitt submamär den Thorax im vierten oder fünften Interkostalraum. Durch dieses sehr beengte Operationsfeld kann die Arteria thoracica interna präpariert werden. Mittels Stabilisator-System wird die LAD ruhiggestellt und die Anastomose aufgenäht. Dieses Verfahren gestaltet sich insgesamt relativ schwierig, da der Zugangsweg sehr klein ist (Abbildung 3). Neben der zeitintensiven Präparation der Arteria thoracica interna stellt sich eine, durch Komplikationen möglicherweise erforderliche konventionelle Eröffnung des Thorax durch mediane Sternotomie, als erhebliche Problematik dar. Es müssten dabei zwei Hautschnitte durchgeführt werden wodurch zwei Narben entstünden.

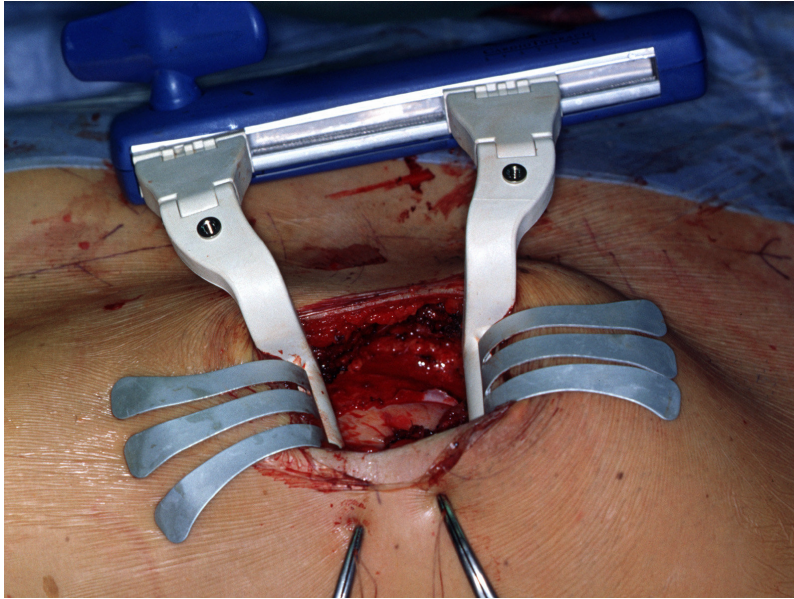


Abbildung 3: MIDCAB-Technik über eine ca. 7-8 cm lange linksseitige anterolaterale Minithorakotomie. Am linken oberen Bildrand erkennt man die Markierungen des Xiphoides und rechts die des Jugulums. Der Operationssitus ist aus Sicht des Operateurs dargestellt, diesmal von der gegenüberliegenden Seite mit Blick auf die linke Körperhälfte des Patienten.

Man erreicht ein sehr gutes kosmetisches Ergebnis, dargestellt in Abbildung 4. Es kann insbesondere bei Frauen als sehr positiv bewertet werden, da die Narbe unter der Brust nahezu unsichtbar platziert werden kann.

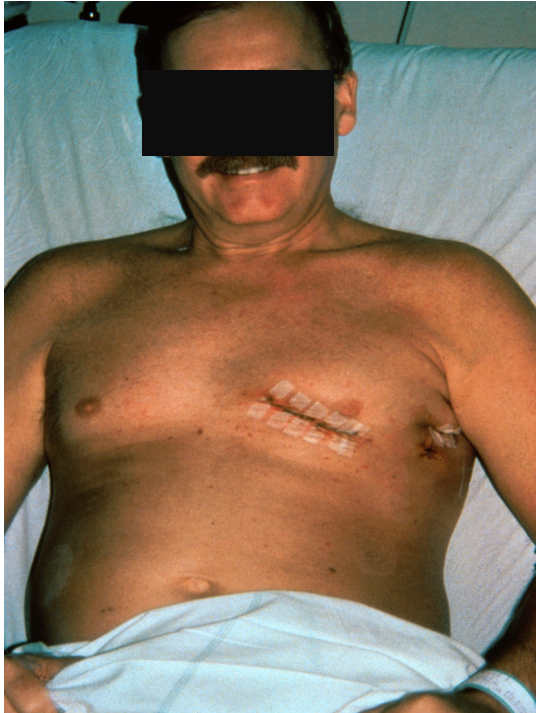


Abbildung 4: Submammäre Operationswunde nach links-anteriorem thorakalem Zugang (MIDCAB). Die Operationswunde unter der Achsel stammt von einer intraoperativ gelegten Thoraxdrainage.

Ein anderer Weg war die partielle inferiore Teilsternotomie. Dabei wurde nur der untere Teil des Sternums mittels Stichsäge eröffnet. Nach Anheben der Thorax Apertur wurde ebenfalls die entsprechende Arteria thoracica interna (ITA) präpariert (Farhat 2004): Ähnlich wurde hier wieder ein Stabilisator eingesetzt, anschließend konnte hier die Anastomose aufgenäht werden. Nach Verdrahtung und Verschluss des Thorax verblieb eine deutlich bessere Stabilität des Sternums. Die gefürchtete Komplikation eines instabilen Thorax mit eventueller Notwendigkeit einer Reverdrahtung hatte sich erheblich reduziert (Farhat 2004).

Dieser Zugang bietet darüber hinaus die Möglichkeit einer problemlosen Erweiterung zur kompletten Sternotomie, falls diese wegen eventueller Komplikationen (z.B. intramural gelegene Herzkranzgefäße oder massive Herzvergrößerung, pAVK oder Adipositas) erforderlich ist. Tabata beobachtete zwischen 1996 und 2005 1.435 Patienten mit Teilsternotomie bei Herzklappenoperation mit HLM. In 45 Fällen war eine Konversion zur vollen Sternotomie erforderlich. Er teilte die Patienten in zwei Gruppen, eine Gruppe mit oberer Teilsternotomie (n=907) und eine zweite mit unterer Teilsternotomie (n=528). In der ersten Gruppe mussten 24 Patienten (2,6%)

konvertiert werden, bei der zweiten Gruppe waren es 21 Patienten (4,0%), bei denen die Teilsternotomie erweitert werden musste. Die postoperative Mortalität wurde als zufriedenstellend beschrieben: in der ersten Gruppe lag sie bereinigt (acht Patienten starben perioperativ) bei 1,7% (15/883), in der zweiten bei 1,2% (6/507). Postoperative Todesfälle wurden nicht beschrieben (Tabata 2007).

In Abbildung 5 ist die Lokalisation der deutlich kleineren OP-Wunde in Relation zum Xiphoid und Jugulum zu sehen. Hier ist das Saugstabilisator-System bereits installiert worden.

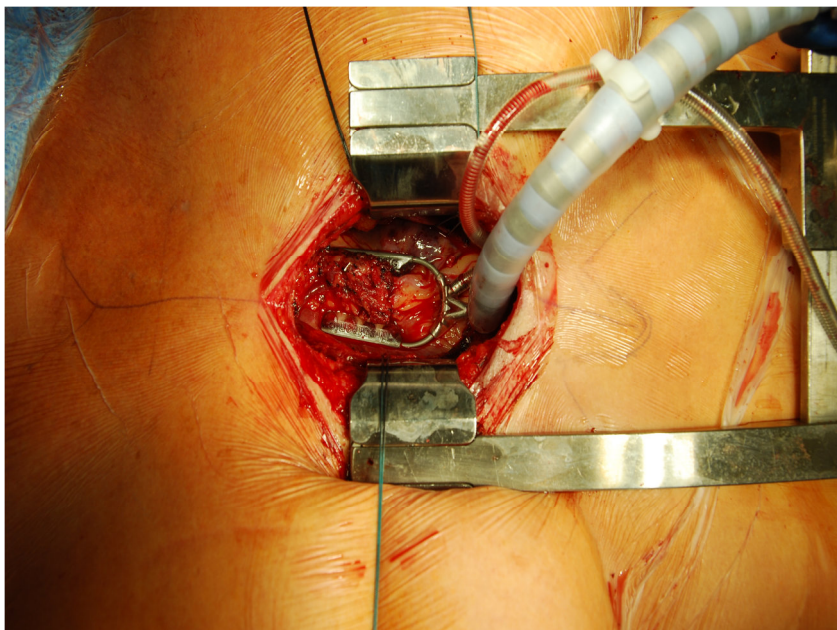


Abbildung 5: Darstellung des Medtronic Octopus® Systems bei partieller unterer Sternotomie (Hautschnitt ca. 9 cm). Am linken Bildrand ist die Markierung für das Jugulum zu sehen. Die bereits aufgenähte LITA findet sich am linken Rand der Operationswunde.

Eine Alternative stellt der sogenannte T-Shape Zugang dar. Dabei erfolgt die Eröffnung des Sternums ebenfalls bis zum Manubrium sterni. Dann wird im rechten Winkel dazu das Sternum beidseits durchtrennt. Dadurch eröffnen sich bessere visuelle Möglichkeiten: Über diesen Zugang lassen sich auch mehrere Koronargefäße revaskularisieren: z.B. LITA/LAD und RITA/RCA (Naseri 2003). Komplikationsträchtig kann jedoch die unmittelbare Nähe der Arteriae thoracicae internae sein. Durch die Quersternotomie kann es zu Verletzungen oder sogar zur

Durchtrennung kommen. Dabei können die Gefäße irreversibel geschädigt werden und als Bypassgraft nicht mehr verwendet werden, wodurch der minimale Zugang in eine volle Sternotomie umgewandelt werden muss.

Eine weitere, hier nur am Rande erwähnte, Methode ist der minimalinvasive Zugang mittels eines OP-Roboters (TECAB). Dabei werden drei kleine Schnitte am Brustkorb gesetzt. Der Chirurg kann die Roboterarme und die Kameras über eine Steuerkonsole, die auch außerhalb des OP-Saales stehen kann, präzise führen. Die Abbildung 6 a und b zeigen das daVinci® Surgical System (Intuitive Surgical, Inc., Sunnyvale, CA; USA).

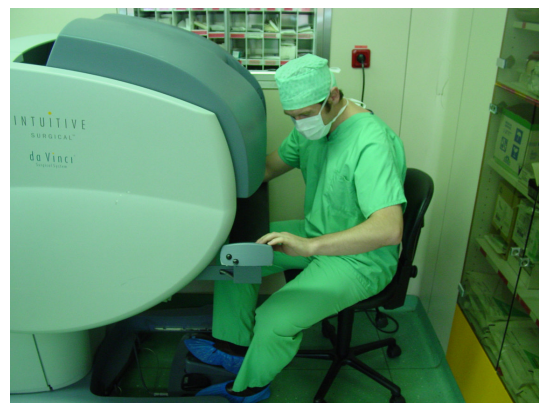


Abbildung 6 a und b: daVinci® Surgical Roboter System: Bild a zeigt die am Patienten befindlichen Roboterarme, im rechten Bild (b) sitzt der Operateur an der Steuerkonsole.

Mehrere Studien beschrieben zwar Vorteile in der Behandlung hinsichtlich Lebensqualität und Krankenhausaufenthaltsdauer (Rodriguez 2009, Caynak 2009), aber auch auf die nicht unerheblichen Probleme wie Kosten und Aufwand wurde hingewiesen (Modi 2009). Studien, die einen eindeutigen Vorteil dieser Methode nachweisen konnten, fehlen bis heute.

2.5 Laborparameter

Im Folgenden werden die in dieser Arbeit verwendeten Laborparameter kurz beschrieben: Zur Qualifizierung des intra- und postoperativen Schadens sind die Myokardmarker Kreatinin, Kreatinkinase (CK, CK-MB) und kardiales Troponin T (cTnT) bestimmt worden. Die Bestimmung des Tumornekrosefaktors alpha (TNF- α) mit den Untergruppen TNF α -p55 und -p75, des Interleukins (IL-6), der Leukozyten und des C-reaktiven Proteins (CRP) dient der Evaluation der Entzündungsreaktion. Durch die Bestimmung des Hämoglobin-Gehaltes konnte der intra- und postoperative Blutverlust genau bestimmt und gegebenenfalls durch Blutprodukte (Eigen- oder Fremdblutkonzentrate) substituiert werden.

2.5.1 Inflammationsparameter

Bei jeglicher Form eines operativen Vorgehens reagiert ein Körper mit einer allgemeinen Aktivierung des Immunsystems (Siegenthaler 2006): Dies ist als Antwort auf das Operations-Trauma zu sehen. Bei der Nutzung einer extrakorporalen Zirkulation treten systemische Endotoxine auf, die zur Freisetzung von Zytokinen führen. So finden sich u.a. erhöhte Spiegel von Interleukinen (IL-6, IL-8, IL-10), Tumornekrosefaktoren (TNF) und aktivierten Komplement-Faktoren C5a und C3d (Siegenthaler 2006).

In dieser Untersuchung wurden die Entzündungsparameter Interleukin-6, Tumornekrosefaktor alpha (TNF- α) mit seinen Subgruppen TNF α -p55 und TNF α -p75, sowie die allgemeinen Inflammationsparameter, C-reaktives Protein (CRP) und die Leukozyten bestimmt. Sie sollten die Reaktion des Organismus auf die Operation und deren Folgen widerspiegeln.

Interleukin-6 (IL-6)

Interleukin-6 ist ein Zytokin, das als Botenstoff des Immunsystems wirkt (Heinrich 2003): Da es als einer der ersten Botenstoffe bei Infektionen oder Operationen auftritt, ist die Wertigkeit als Hinweis auf eine Störung des Immunsystems ganz erheblich. Interleukin-6 kann bei Organfunktionsstörungen wie z.B. Sepsis, Multiorganversagen oder auch Operationen frühzeitig ansteigen, innerhalb von ca.

48 Stunden kann es dann wieder auf den Normalwert absinken. Ein erneuter Anstieg oder ein gleichbleibend hoher Interleukinspiegel kann auch für eine Komplikation (z.B. Sepsis) sprechen (Heinrich 2003).

Andere Entzündungsparameter wie z.B. CRP verändern sich deutlich später (Siegenthaler 2006): Daher kann IL-6 auch gut für eine Verlaufsbeobachtung herangezogen werden. Aufgrund der vergleichsweise kurzen Bestimmungsmethode (etwa eine Stunde) kann der Test im Verlauf von Operationen gut gemessen werden. So kann es auch bei ausgedehnten Operationen wie z.B. einer Herzoperation als frühzeitiger Hinweis auf eine lebensbedrohliche Komplikation herangezogen werden (Siegenthaler 2006).

Der Referenzbereich im Plasma reicht beim Gesunden bis 1 pg/ml.

Tumornekrosefaktor-alpha (TNF- α)

Tumornekrosefaktor-alpha ist ein Zytokin, das primär von Monozyten und Makrophagen als Reaktion auf Stimulation mit Endotoxin oder anderen Stimuli produziert wird und proinflammatorisch wirkt (d. h. Entzündungen im Körper werden verstärkt; Hehlhans 2005): TNF- α steuert darüber hinaus auch andere Zytokine wie die Interleukine und steigert die Produktion von Akutphaseproteinen in der Leber. Auch die Zytoxygenase II wird durch TNF- α angeregt. Somit kann TNF- α auch als guter Botenstoff in pathologischen Prozessen herangezogen werden. Zwar ist das diagnostische Hauptfeld mehr im Rahmen der rheumatologischen Erkrankungen zu suchen, dennoch kann es auch als operative Verlaufskontrolle bei Entzündungsreaktionen genutzt werden. Die Wirkung von TNF- α wird durch Rezeptoren an verschiedenen Zellen erreicht. Zwei Arten von Rezeptoren mit Molekulargewichten von 55 kDa und 75 kDa sind dabei relevant und können somit diagnostisch verwendet werden. Sie werden mit TNF- α p55 und p75 bezeichnet (Hehlhans 2005).

TNF- α kann somit als Marker für das Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) gewertet werden. Der Referenzbereich liegt im Plasma unter 20 pg/ml, der für TNF- α p55 und p75 bei unter 5 pg/ml (Thomas 2005).

C-Reaktives Protein (CRP)

Das CRP ist ein unspezifischer Entzündungsparameter, der als Akute-Phase-Protein vor allem bei bakteriellen Infektionen ansteigt (Thomas 2005): Die Anregung der Biosynthese in der Leber erfolgt vor allem durch Interleukin 6. Der Normalwert für das CRP liegt bei bis zu 5.0 mg/dl. Im hier vorliegenden Fall wurde es zur Beobachtung der entzündlichen Reaktion des Organismus bestimmt (Thomas 2005).

Leukozyten

Die Leukozyten als Teil der spezifischen und unspezifischen Immunabwehr wurden ebenfalls zur Beobachtung der Entzündungsreaktion in mehreren Abschnitten bestimmt (Thomas 2005): Die Bildung erfolgt im Knochenmark aus Stammzellen, die sich selbst pluripotent teilen und danach als weitere pluripotente Stammzelle oder als determinierte Zelle der jeweiligen Blutzellen heranreift. Unter Einfluss von Zytokinen entstehen die unterschiedlichen Blutzellen (Leukozyten, Erythrozyten oder Megakaryozyten). Sie sind dann für die Bekämpfung unverträglicher Substanzen wie Keime, Bakterien, Tumorzellen, Toxine, Viren und andere, körperfremde Partikel zuständig. Dies erfolgt über Phagozytose oder Produktion von Antikörpern (B-Lymphozyten). Sie sind zudem in der Lage, durch Zytokine oder Leukotriene Entzündungen aufrecht zu halten (Thomas 2005). Normalwert: 4,0 – 10,0 Tsd/ μ l.

2.5.2 Myokardmarker

Myokardmarker reagieren mit erhöhten Werten bei Untergang von Herzmuskelzellen und zeigen so quantitativ eine mögliche Schädigung des Herzens auf (Thomas 2005). Es sind die Kreatinkinase (CK) sowie die herzspezifische Kreatinkinase-MB (CK-MB), sowie das Troponin bestimmt worden.

Kreatinkinase (CK, CK-MB)

Die Kreatinkinase ist ein Enzym, das hauptsächlich in den Muskeln vorkommt. Es werden vier Isoenzyme unterschieden (Thomas 2005): CK-MM (Skelettmuskeltyp), CK-MB (Myokardtyp), CK-BB (Gehirntyp) und CK-MiMi (Mitochondrientyp). Beim Untergang von Herzmuskelzellen wird CK, vor allem CK-MB in das Blut

ausgeschüttet. Auch bei Operationen, sogar bei Injektionen oder körperlichen Belastungen kommt es zu einer Anhebung des CK-Wertes. Da die Unterscheidung der CK-Aktivität bei Herz- und Muskelzelluntergang sehr schwierig ist, wird zumeist auf die Bestimmung der CK-MB zurückgegriffen. Die Normalwerte bei CK reichen bis 170 U/l bei Männern und 145 U/l bei Frauen. Eine CK-MB Erhöhung von mehr als zehn Prozent vom gemessenen CK-Wert ist als Hinweis auf einen Myokardschaden zu werten (Thomas 2005).

Kardiales Troponin T (cTnT)

Troponin T ist ein Proteinkomplex, der bei Schädigung des Herzens in den Blutkreislauf freigesetzt wird (Thomas 2005, Rottbauer 1996): Der Anstieg im Blutserum ist etwa drei Stunden nach Infarktbeginn nachweisbar und erreicht nach etwa 20 Stunden seinen Höchstwert. Nach ein bis zwei Wochen normalisiert er sich wieder. Bei nicht-transmuralem Infarkt (NSTEMI) finden sich bereits nach 48-72 Stunden wieder Normalwerte. Troponin T und I sind als wichtigste Parameter in der kardiologischen Labordiagnostik anzusehen, da sie hochsignifikant für kardiale Ereignisse sind (Rottbauer 1996). In dieser Studie wurde Troponin T gemessen, der Normwert liegt unter 2,0 ng/ml.

2.5.3 Weitere Laborparameter

Hämoglobin (Hb)

Hämoglobin ist ein eisenhaltiges Protein, das sich in den Erythrozyten findet und für den Sauerstofftransport verantwortlich ist (Thomas 2005): Die Hb-Konzentration ist gemeinsam mit dem Hämatokrit und der Erythrozytenzahl ein wichtiges Kriterium zur Diagnostik und Differenzierung von Anämien, Polyglobulien und Polyzythämien. Der Normwert für männliche Erwachsene liegt bei 14,0-17,5 g/dl, bei Frauen zwischen 12,3 und 17,5 g/dl. Das Hämoglobin ist ebenso wie die anderen Parameter nach einem genau definierten Schema bestimmt worden. Es sinkt bei unklaren Blutverlusten und kann deshalb gut zur Abschätzung postoperativer Komplikationen herangezogen werden (Thomas 2005).

Kreatinin (Crea)

Das Kreatinin ist ein Abbauprodukt des Kreatin und wird in der Regel in den Glomeruli der Niere abgebaut (Thomas 2005): Eine deutliche Kreatininerhöhung verweist häufig auch auf den Untergang von Muskelgewebe und kann zum einen als Verlaufsparemeter hinsichtlich der Nierenfunktion, zum anderen aber auch zur Beobachtung von Muskelzelluntergang herangezogen werden. Da es bei ischämischen Nierenschäden ebenfalls stark ansteigt, wurden im vorliegenden Fall Laborproben unmittelbar vor Hautschnitt und in vorher definierten Abständen postoperativ entnommen. Weiterhin konnte beobachtet werden, ob durch eine gestörte Nierenfunktion die Elimination der Parameter beeinflusst wurde (Thomas 2005). Maximaler Wert: 1,1 mg/dl.

3. Patienten und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv dieser Studie bestand aus 40 Patienten mit stenosierender Eingefäßerkrankung, die zwischen 2001 bis 2003 an der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik des Klinikums Großhadern, Ludwig Maximilians Universität München, am schlagenden Herzen (Off-Pump) operiert und in der Datenbank der Herzchirurgischen Klinik erfasst wurden. Von September 2001 bis Mai 2002 wurden 21 konsekutive Patienten mit einer koronaren Eingefäßerkrankung der vorderen Kranzarterie (LAD) ohne Zuhilfenahme der Herz-Lungen-Maschine operiert. Als Zugang wurde die volle Sternotomie (FST) gewählt. Von Juni 2002 bis Januar 2003 wurden dann 19 konsekutive Patienten mit einer koronaren Eingefäßerkrankung der vorderen Kranzarterie (LAD) ohne HLM operiert und ein minimierter Zugang über die partiell untere Teilsternotomie (PLST) gewählt. Diese Patienten bilden die Grundlage der vorliegenden Studie.

Patienten mit präoperativer instabiler Hämodynamik, Patienten mit Notfallindikation und Patienten mit zusätzlichen Operationen wie beispielsweise Karotidesobliteration oder Ablation eines Vorhofflimmerns wurden von der Studie ausgeschlossen. Patienten, die thorakal bestrahlt worden waren, konnten wegen der Gefahr einer irreversiblen Veränderung der Arteria thoracica nicht eingebunden werden. Weitere Ausschlusskriterien waren Bewusstseinsstrübung, eine schwere vorbestehende oder akute neurologische oder psychiatrische Erkrankung, eine Infektion, eine Thoraxdeformität, eine hämatologische oder onkologische Systemerkrankung oder eine präoperative Dialysepflicht. Ebenfalls von der Erhebung ausgenommen wurden Patienten mit kardiogenem Schock und mit Subclavian-Steal-Syndrom, also einer Stenose der Arteria subclavia. Weiterhin wurden Patienten, die für eine spezielle MIDCAB-Operation in die Herzchirurgische Klinik aufgenommen wurden, ebenfalls nicht berücksichtigt. Patienten, die eine Off-Pump Operation oder einen minimierten Zugang ablehnten, wurden auch ausgeschlossen.

Zunächst wurden umfangreiche anamnestische Parameter erhoben. Hierzu zählt neben der Evaluierung der Vorerkrankungen und der Medikamenten-Anamnese die Erfassung des kardialen Risikoprofiles. Entsprechende Parameter gingen auch in den logistischen EuroSCORE mit ein (Tabelle 1). Weitere Beobachtungskriterien

waren Parameter wie Auswurfraction, Auswertung der Stenosen, Präparationszeit der Arteria thoracica, Bypass-Anzahl, TTFM (Transit-Time-Flow-Measurement) - Flussmessung, Schnitt-Naht-Zeit sowie Intensivliegedauer, Gesamt Krankenhaus-Aufenthalt und Komplikationen (z.B. Reoperationen). Schließlich wurden noch die Bypass- und Zielgefäße qualitativ erfasst und der Drainageverlust ermittelt. Die Operationsprotokolle und die Krankenakten sämtlicher Patienten wurden retrospektiv ausgewertet.

Allen in diesem Zeitraum operierten Patienten wurde 2011 ein Fragebogen zugesandt. Bei nicht auffindbaren Patienten und bei bereits Verstorbenen wurden Verwandte, Hausärzte und Krankenversicherungen kontaktiert. Der Original-Fragebogen (Erhebung 2011) findet sich im Anhang. Es wurden Fragen zum aktuellen Befinden, zur körperlichen Belastbarkeit, zur Notwendigkeit eines kardiochirurgischen Folgeeingriffes und etwaigen Befindlichkeitsstörungen gestellt. Darüber hinaus wurde die Zufriedenheit hinsichtlich der Narbenlänge bzw. des kosmetischen Ergebnisses evaluiert. Die Lebensqualität war ein weiterer wichtiger Parameter im Fragebogen. So sollte die aktuelle Situation (QoL, Befinden und Narbe) in einer aufsteigenden Skala von 1 (sehr unzufrieden) bis 10 (sehr zufrieden) benotet werden. Der Vergleichswert zur präoperativen Situation konnte in vier Stufen absteigend eingeteilt werden. Hier konnten sich die Patienten zwischen viel besser, besser, in etwa gleich und schlechter entscheiden. Hinsichtlich der Belastbarkeit wurde auch nach einer möglichen Pflegebedürftigkeit gefragt. Schließlich wurde noch die Länge der Narbe ermittelt. Hierzu wurden die Patienten gebeten, eigene Messungen durchzuführen. Abschließend wurde nach weiteren spezifisch herzchirurgischen Ereignissen (erneute Herzkatheter-Untersuchung, einer Herzoperation oder einer anderen Operation) gefragt. Patienten, die nicht in der Lage waren, den Fragebogen selbständig auszufüllen, wurden von ihrem Hausarzt unterstützt oder persönlich telefonisch nach einem standardisierten Anamneseprotokoll befragt. Dabei wurde den Patienten die Möglichkeit einer Nachuntersuchung in der Herzchirurgischen Klinik angeboten. Für die Vergleichbarkeit verschiedener Parameter wie Lebensqualität und Dyspnoe wurde eine visuelle Einzelpunkt-Analogskala VAS (Visual Analogue Scale) verwendet (De Boer, 2004).

Der mittlere Beobachtungszeitraum für alle Patienten lag bei 8,56 Jahren, dies entspricht 350,8 Patientenjahren. Im Einzelnen wurde in der PLST-Gruppe der

mittlere Beobachtungszeitraum mit 8,8 Jahren gemessen ($8,83 \pm 0,91$ Jahre), was insgesamt 176,67 Jahren entsprach. In der FST-Gruppe betrachteten wir durchschnittlich 8,3 Jahre ($8,29 \pm 2,95$ Jahre), entsprechend 174,12 Patientenjahre. Hieraus resultiert ein 100% komplettes Follow-up. Das Altersmaximum lag bei 82,7 Jahren (PLST-Gruppe). Die jüngste Patientin war 34,5 Jahre alt (FST-Gruppe)

3.2 Präoperative Patientencharakteristika

Hinsichtlich der präoperativen Patientencharakteristika ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$). Tendenziell fanden sich bei den Patienten der PLST-Gruppe etwas höhere Body-Mass-Indizes, aber auch hier konnte keine eindeutige Signifikanz ($p = 0,08$) abgeleitet werden (Tabelle 2).

Alle Patienten erhielten präoperativ eine Antikoagulation oder Thrombozytenaggregationshemmung. Bei jeweils sechs Patienten beider Gruppen (PLST-Gruppe 31,6%, FST-Gruppe 28,5%, $p = 1,00$) war die Antikoagulation sieben Tage zuvor abgesetzt worden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Präoperative Thrombozytenaggregationshemmung/ Antikoagulation

Variable		(PLST) n=19	(FST) n=21	p-Wert
ASS	(n)	8	7	0,75
Clopidogrel+ASS	(n)	4	6	0,72
Antikoagulation abgesetzt	(n)	6	6	1,00
Antikoagulation jeg. Art	(n)	12	13	1,00

(ASS=Acetylsalicylsäure, Antikoagulation jegl. Art = Pat. erhält entweder ASS oder Clopidogrel+ASS; Statistik: Fisher's Exact Test (SISA))

Das Alter in beiden Gruppen war nahezu gleich (etwa 61 Jahre). Die Herzleistung zeigte

sich in der PLST-Gruppe etwas besser (EF 70% vs. 62%), dagegen war der logistische EuroSCORE in dieser Gruppe etwas schlechter (2,2 vs. 1,7). Auch bei den Begleiterkrankungen konnten keine wesentlichen Unterschiede markiert werden, so dass die beiden Gruppen gut verglichen werden konnten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Zusammenfassung der Patientencharakteristika

		PLST	FST	p-Wert
Anzahl Patienten (n)		19	21	
Geschlecht				
	männlich (n)	14	14	0,74
	weiblich (n)	5	7	
Alter (Jahre)		61±9	61±11	0,71
Log-Euro		2,2±2,1	1,7±1,2	0,31
Ejektionsfraktion (%)		70±9	62±13	0,10
BMI (kg/m²)		29±3	27±4	0,08
Art. Hypertonie	(n)	17	17	0,66
Diabetes mellitus	(n)	6	6	1,00
Hyperlipidämie	(n)	16	18	1,00
Ex-/ Nikotin	(n)	5	7	0,74
Hyperurikämie	(n)	3	6	0,46
Niereninsuffizienz	(n)	3	5	0,70
COPD	(n)	3	4	1,00
Tumor präop.	(n)	2	3	1,00
Klappenvitium präop.	(n)	2	4	0,66
pAVK	(n)	2	3	1,00
PCI	(n)	6	8	0,75
Neurologie	(n)	4	1	0,17
Koronare	(n)	6	6	1,00
Mehrgefäßerkrankung				
Weitere höhergradige Stenosen	(n)	5	6	1,00

(log-Euro=logistischer EuroSCORE, BMI=Body Mass Index, COPD=chronisch obstruktive Atemwegserkrankung, pAVK=periphere arterielle Verschlusskrankheit, PCI=percutane Koronarintervention; Statistik: Fisher's exact t-test (SISA))

3.3 Anästhesie

Als Prämedikation erhielten die Patienten, die zur Off-Pump Revaskularisation vorgesehen waren, Midazolam 0,1mg/kg KG (Körpergewicht) eine Stunde vor Narkosebeginn. Die Narkoseeinleitung wurde mit Midazolam (0,15-0,25 mg/kg KG), Sufentanil (1-3 µg/kg KG) und Pancuronium (0,1 mg/kg KG) durchgeführt. Die

Aufrechterhaltung der Narkose erfolgte mit Sufentanil (1-2 µg/kg per h) und 0,3-1,0 Vol% Isofluran über Infusionspumpen. Das Standardmonitoring bestand aus EKG-Aufzeichnung, Messung des zentralen Venendruckes, invasiver Blutdruckmessung und Messung der Körpertemperatur mittels intravesikal gelegenen Katheters. Während des operativen Eingriffes wurde eine kontinuierliche Darstellung der hämodynamischen Parameter mit einem Swan-Ganz Katheter und einer transösophagealen Echocardiographie durchgeführt. Hypotone Kreislauf-Störungen wurden hauptsächlich durch Volumensubstitution oder Noradrenalin-Boli therapiert. In allen Operationen wurde systematisch ein Cellsaver eingesetzt. Wurden mehr als 600 ml Blutvolumen im Cellsaver gesammelt, wurde das Blut zentrifugiert und reinfundiert. Ein Hämoglobin-Wert kleiner 8,0 g/dl wurde in der Regel mit Erythrozyten-Konzentraten ausgeglichen.

3.4 Laborbestimmung

Bei jedem Patienten wurden 10 Proben nach einem definierten Zeitplan entnommen. Die Blutprobenentnahme (T0) erfolgte unmittelbar vor Hautschnitt. Die zweite (T1) entnahm man eine halbe Stunde nach Beendigung der Anastomose. Dann folgten Entnahmen nach 2 h (T2), 4 h (T3), 6 h (T4), 8 h (T5), 12 h (T6), 24 h (T7), 48 h (T8) und nach 5 Tagen (T9). Die Proben wurden dann bei -70° C eingefroren, um Material für spätere Analysen generieren zu können.

Das kardiale Troponin T (cTnT) wurde mit dem Stratus II System (Dade Diagnostika, München) gemessen, die CK und CK-MB Aktivität wurde im Plasma (CK NAC-Methode, Boehringer Mannheim, Mannheim), bestimmt. Der TNF-α und die TNF Rezeptoren p55 und p75 wurden mit enzymgebundenen Immunoassays (R&D Systems, Wiesbaden, Germany) evaluiert. Die Interleukin-Bestimmung (IL-6) erfolgte ebenfalls mittels enzymgebundenen Immunoassays (Immulite, DPC Biermann, Bad Nauheim, Deutschland).

3.5 Operationsverfahren

3.5.1 OPCAB-Verfahren mit kompletter Sternotomie

Die konventionelle komplette mediane Sternotomie als Zugang erfolgte durch eine Längsinzision des Sternums und Durchtrennung des Brustbeines mit einer Stichsäge. Mittels eines Thoraxspreizers wurde eine Seite des durchtrennten Sternums angehoben. So konnte die Arteria thoracica interna dargestellt und bis zum Abgang von der Arteria subclavia präpariert werden. Die Seitenäste wurden mit einem Elektro-Kauter verödet oder mit Liga-Clips verschlossen. Es erfolgte die systemische Gabe von Heparin in einer Dosis von 200IE/kg bis zu einer aktivierten Gerinnungszeit (**Active Clotting Time**) grösser 300 Sekunden. Nach Präferenz des Chirurgen wurde Papaverin in die Arteria thoracica interna injiziert. Das Perikard wurde der Länge nach eröffnet und mit Haltefäden über dem Operationsfeld fixiert. So kann das Herz luxiert werden. Dadurch konnten die Zielgefäße besser dargestellt werden. Es folgte das Platzieren unterstützender temporärer Schrittmacherdrähte auf dem rechten Vorhof und dem rechten Ventrikel. Im Anschluss wurde nach Darstellung des Koronargefäßes und der entsprechenden Stenosen ein mechanischer Stabilisator (Abbildung 7) parallel zum Zielgefäß aufgesetzt. Das Gefäß wurde daraufhin proximal mit einem Tourniquet aus 4-0 Polypropylen-Fäden angeschlungen. Damit konnte eine proximale Okklusion des nativen Gefäßes vorgenommen werden, sofern kein Shunt eingelegt wurde. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde bei keinem Patienten eine Shunt-Einlage vorgenommen. Nach Inzision wurde das Lumen des nativen Gefäßes mit einer Sonde gemessen. Jetzt konnten die Bypass-Grafts mit einem 8-0 Polypropylen-Faden in fortlaufender Naht anastomosiert werden. Nach Messen des Blutflusses folgte Antagonisierung des Heparins mit Protaminsulfat und die Einlage einer retrokardialen und einer substernalen Drainage.

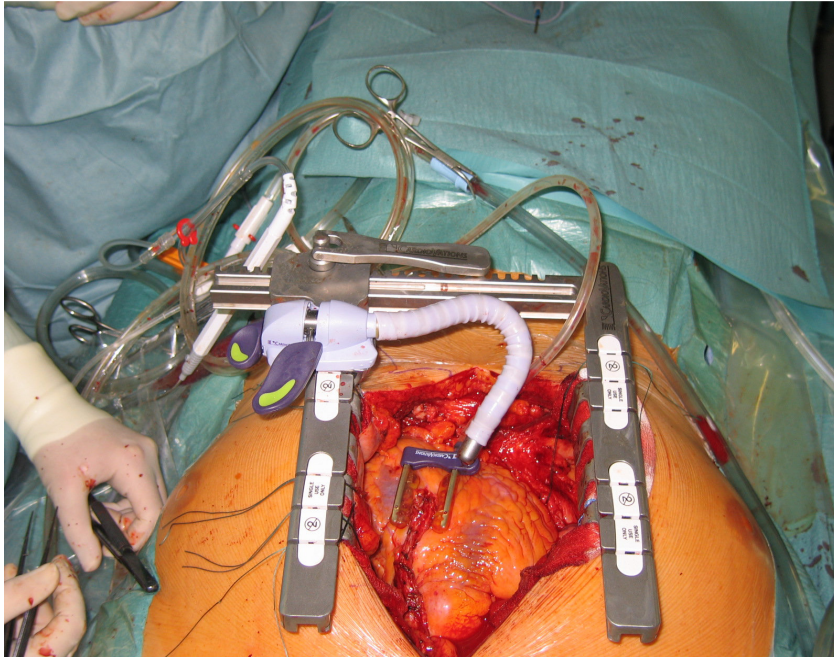


Abbildung 7: Operationssitus eines Einfachbypasses mit Anastomose der LITA mit der LAD. Gut zu erkennen ist das Saugsystem direkt an der Anastomosenstelle (Bild aus cranialer Sicht, Jugulum unten, Xiphoid oben).

Ein Verschluss des Perikards wurde in der Regel nicht durchgeführt. Es wurden eine retrokardiale und eine substernale Drainage eingelegt. Ein bis zwei Pleuradrainagen waren erforderlich, wenn die Pleura eröffnet wurde.

Nach Blutstillung erfolgte dann die Verdrahtung des Sternums, der Thoraxverschluss und schichtweise Wundverschluss. In Abbildung 7 ist der Operationssitus mit Saugstabilisator und anastomosierter Arteria thoracica interna am vollständig eröffneten Thorax zu sehen.

Der Verschluss des Brustbeines erfolgte in der Regel durch sechs bis sieben starke Drähte. Die Anordnung der Drahtzerklagen kurz vor dem Zusammenziehen ist in Abbildung 8 dargestellt.

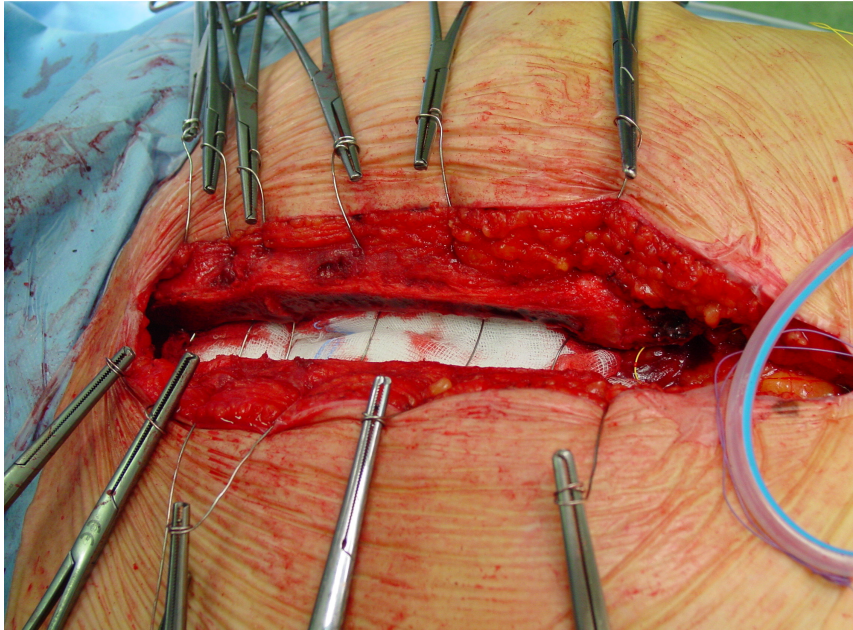


Abbildung 8: Zerklagenanlage vor Thoraxverschluss bei konventioneller voller Sternotomie (Ansicht des Operateurs von der rechten Seite des Patienten; Kopf des Patienten links).

In Abbildung 9 wird der Hautschnittverlauf bei kompletter Sternotomie gezeigt. Der Hautverschluß erfolgte hier mittels intrakutaner Naht.

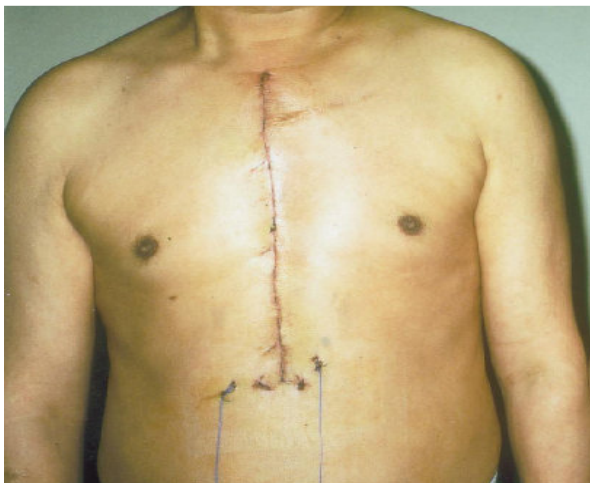


Abbildung 9: Hautschnitt nach kompletter Sternotomie. Am unteren Rand der Wunde erkennt man die intraoperativ gelegten passageren Schrittmacherdrähte. Durch die dazwischen gelegenen Öffnungen wurden Drainagen gelegt, die hier bereits wieder entfernt wurden.

3.5.2 OPCAB-Verfahren mit partieller unterer Sternotomie

Die partielle untere Sternotomie erfolgte durch einen kurzen (5–8 Zentimeter) Hautschnitt (Abb. 10) über dem unteren Drittel des Brustbeines in Standardrückenlage. Nach Blutstillung wurde seitlich des Xiphoids im 45°-Winkel das Sternum inzidiert und mit der oszillierenden Knochensäge bis zum Manubrium (Angulus ludovici) eröffnet. Anschließend wurde der Schnitt nach links etwa zum dritten Intercostalraum gerichtet. So konnte die linke Arteria thoracica interna für die Anastomose auf die LAD oder einen ihrer Diagonaläste gewonnen werden. Nach Anheben der Thoraxseite konnte nun die Arteria thoracica interna mit geeigneten, gewinkelten Pinzetten und verlängertem Elektro-Kauter so weit wie möglich bis nahe an den Abgang von der Arteria subclavia präpariert werden. Anschließend lokalisierte man nun eine geeignete Anastomosenstelle an der LAD, hier kam jetzt wieder der Saugstabilisator zum Einsatz. Der weitere Verlauf erfolgte analog zur konventionellen Methode. In Abbildung 10 und 11 wird zum einen die Länge des Hautschnittes (7 cm) demonstriert, zum anderen ist der spezielle Thoraxsperrerr für die Präparation der Arteria thoracica interna dargestellt.

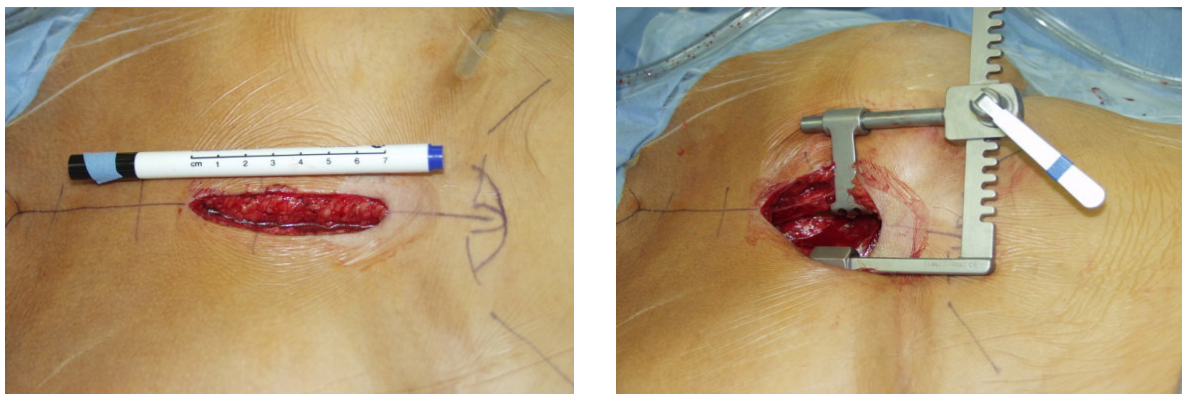


Abbildung 10 und 11: Neben dem frischen Hautschnitt ist ein Maß zur Längenbestimmung platziert worden. Daneben sieht man den verkleinerten Thoraxsperrerr, der ein ausreichendes Blickfeld zur ITA-Präparation bietet (Ansicht des Operateurs von der rechten Seite des Patienten; Kopf des Patienten links).

Abbildung 12 zeigt die Operationswunde (hier bei einer Frau) mit dem verkleinerten Thoraxsperrerr für den limitierten unteren Zugang. Dabei ist auch gut die

Anastomose der Arteria thoracica interna und der linken Kranzarterie, sowie die markierten Stellen des Manubriums und des Xiphoides zu erkennen.

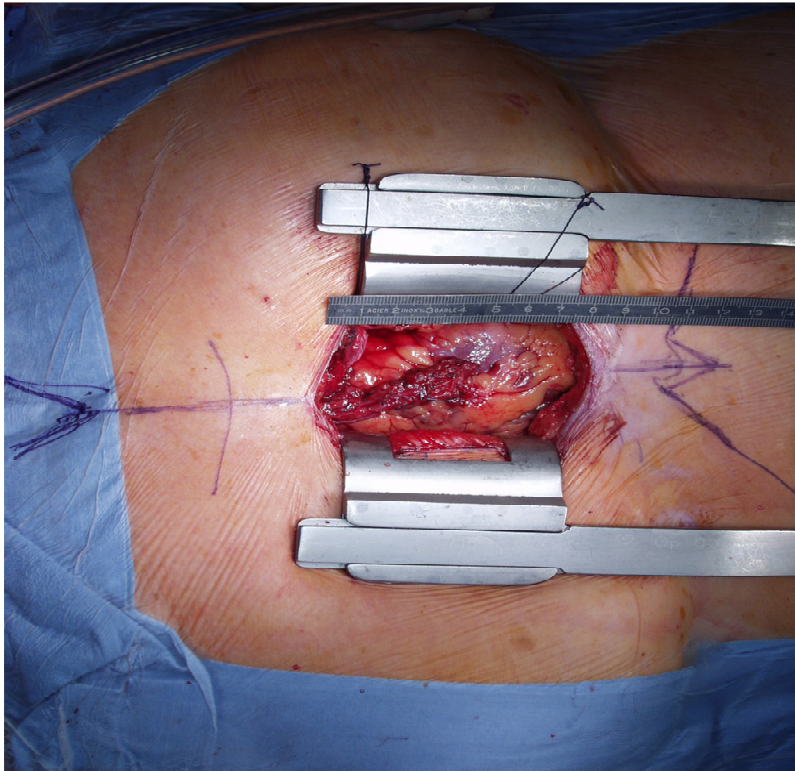


Abbildung 12: Operationswunde bei limitiertem Zugang via partieller unterer Sternotomie in Relation zum Brustbein (Xiphoid rechts, Jugulum links; aus der Sicht des Operateurs). Das Lineal zeigt einen ca. 7 cm langen Hautschnitt.

Der Hautverschluss konnte entsprechend klein gehalten werden. In Abbildung 13 kann der Hautschnitt in Lage dem Jugulum und dem Xiphoid zugeordnet werden.

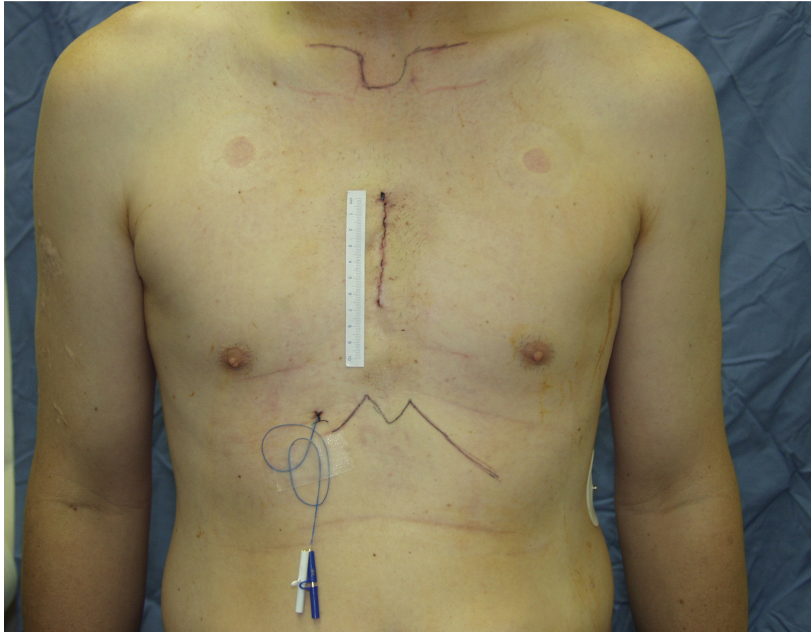


Abbildung 13: Hautnaht nach partieller unterer Sternotomie. Das Jugulum und das Xiphoid wurden wiederum graphisch markiert. Das Lineal zeigt einen ca. 7 cm langen Hautschnitt.

Abbildung 14 zeigt die radiologische Darstellung des verdrahteten Brustbeines bei PLST. Im Gegensatz zur vollen Sternotomie, bei der in der Regel 6-7 Drähte verwendet werden, wurde hier der Korpus sterni mit vier durchgreifenden Drahtzerklagen stabilisiert. Das Manubrium sterni ist dabei intakt geblieben und sorgt für die entsprechende Stabilität.

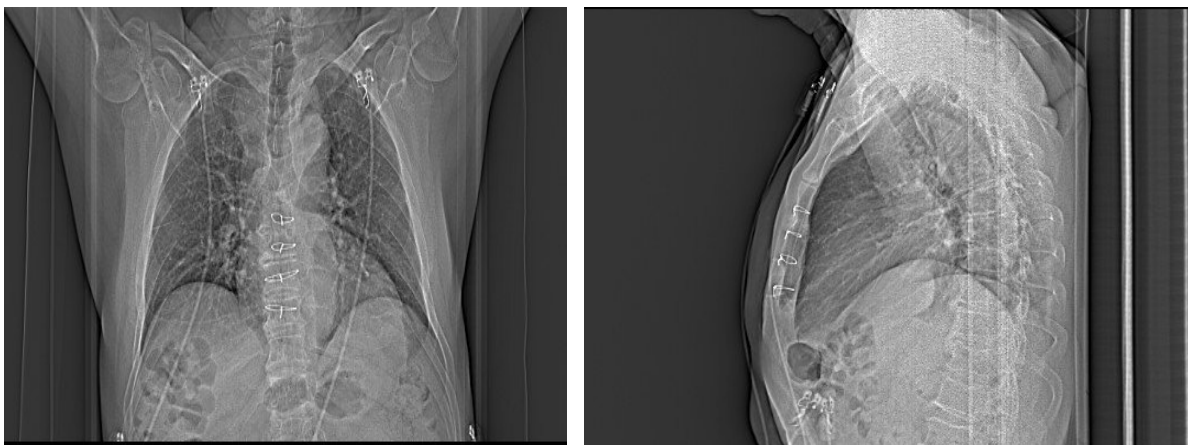


Abbildung 14: Röntgen Thorax Darstellung (links a.p., rechts seitlich) des verdrahteten Korpus sterni, es wurden vier Drähte benötigt.

3.6 Postoperativer Verlauf

Unmittelbar nach Hautnaht, einem sterilen Pflasterverband und Abnehmen der Schutztücher erfolgte die Vorbereitung zum Transport auf die Intensivstation. Unter Zuhilfenahme mobiler Überwachungsgeräte war ein sicherer Transfer möglich.

Für den Aufenthalt auf der Intensivstation wurden in der Regel ein bis zwei Tage eingeplant. Eine wichtige Rolle spielte dabei der Zeitpunkt der Extubation. Ein FiO_2 (inspiratorische Sauerstofffraktion) von kleiner 0,4 war hierzu erforderlich. Das heißt, es sollen weniger als 40 Vol% O_2 dem Inspirationsgas beigefügt werden, um eine ausreichende Sauerstoffsättigung im Blut zu erreichen. Zudem durfte die Atemfrequenz nicht mehr als 20 Züge pro Minuten betragen.

Weiterhin wurde der Blutverlust über die Drainagen beobachtet. Erst ab einer Menge von weniger als 100 ml pro Stunde konnten die Drainagen entfernt werden.

Als drittes wesentliches Kriterium für eine Weiterverlegung wurde die Kreislaufstabilität herangezogen. Wenn eine Kreislaufunterstützung durch die Gabe von Katecholaminen erforderlich war, so wurde darauf geachtet, dass das Zuführen von Noradrenalin unter 0.4 mg/h lag. Dabei wurden auch erste Mobilisationsmaßnahmen wie das Bewegen von Extremitäten absolviert.

Nach Extubation war eine Verlegung auf eine Überwachungsstation (Intermediate Care Unit) möglich. Hier durften alle Drainagen noch liegen, die Patienten wurden mittels 24-h-EKG am Monitor überwacht. Über die intraarteriell liegende Schleuse wurde der Blutdruck weiterhin invasiv (blutig) abgeleitet. Auch hier konnte der Kreislauf noch mit Katecholaminen unterstützt werden.

Konnten alle Drainagen und die invasive Blutdruckmessung entfernt werden und die Katecholamingabe beendet werden, erfolgte die Verlegung auf eine Normalstation. Hier verblieb der Patient etwa sieben bis 12 Tage. Dabei wurde er unter krankengymnastischer Anleitung voll mobilisiert.

Im Anschluss wurde eine kardiochirurgisch abgestimmte Anschlussheilbehandlung durchgeführt. Daran anschließend wurde neben der regelmäßigen Betreuung durch den Hausarzt oder den Kardiologen der Besuch einer Koronarsportgruppe empfohlen.

3.7 Statistik

Die Erfassung der Daten und die Berechnung von Summen sowie Mittelwerten und Standardabweichungen wurde auf Microsoft Excel[®], Version 2010 durchgeführt. Die Daten wurden als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben.

Für den Vergleich von Größenverhältnissen der zwei Gruppen wurde der Fisher's Exact Test herangezogen. Der Mann-Whitney U-Test wurde für den Vergleich von kontinuierlichen Daten und Parametern der zwei Gruppen angewandt. Für das Follow-Up 2011 (Daten der Lebensqualität) wurden ordinale Variablen mit dem Chi-Quadrat Test statistisch ausgewertet. Die Analysen des Langzeitüberlebens wurden nach Kaplan-Meier kalkuliert bzw. erstellt (Kaplan 1953). Statistische Analysen wurden mit SPSS statistischer Software für Windows[®] 7 Professional (2009) durchgeführt.

Bei einem Wahrscheinlichkeitsfaktor $p < 0.05$ wurden Werte als signifikant erachtet.

4 Ergebnisse

Die klinischen Ergebnisse unterteilen sich in zwei Bereiche. Zunächst wurden die Ergebnisse der Operation selbst und der unmittelbar postoperative Verlauf dargestellt. Die Bestimmung der peri- und postoperativen Laborwerte war dabei von besonderem Interesse. Im weiteren Verlauf wurden außergewöhnliche Ereignisse oder aber auch Todesfälle dokumentiert. Schließlich erfolgte die Auswertung des „Follow-Up Fragebogens 2011“. Das mittlere Überleben wurde anhand von Kaplan-Meier Kurven ermittelt.

4.1 Operationsergebnisse

Die Länge des Hautschnittes war signifikant unterschiedlich bei den Kollektiven ($p < 0,0001$). In der PLST-Gruppe war dieser durchschnittlich 7,7 cm lang, in der FST-Gruppe mehr als doppelt so lang (20,2 cm im Mittel). Auch im Follow-Up berichteten die Patienten der PLST-Gruppe, dass sie mit der Narbe etwas zufriedener als die der Vergleichsgruppe waren ($p = 0,16$).

Ebenfalls signifikant unterschiedlich war die Präparationszeit der Arteria thoracica interna. Diese dauerte auf Grund des eingeschränkten Gesichtsfeldes in der PLST-Gruppe im Mittel 13 Minuten länger ($p = 0,02$). Es zeigte sich jedoch, dass bei ungünstigen anatomischen Verhältnissen auch bei voller Sternotomie die Präparation der ITA 80 Minuten dauern konnte, was nur unwesentlich kürzer war als bei partieller Sternotomie (maximal 90 Minuten).

Eine Tendenz zeigte sich beim Intensivaufenthalt. Dieser war mit durchschnittlich 24 Stunden bei der PLST-Gruppe etwa halb so lang wie bei der FST-Gruppe (51 Std.). Eine Signifikanz fand sich hingegen nicht ($p = 0,07$).

Die Operationsdauer war in beiden Gruppen in etwa gleich (im Mittel 184 Min. vs. 182 Min.). Auch die Intubationszeit unterschied sich nicht wesentlich (im Mittel 13 Std. vs. 11 Std.). Die Flussmessung zeigte ebenfalls keine Hinweise für einen Unterschied ($p = 0,13$).

Tabelle 3: Intra- und Postoperative Daten

	PLST	FST	p-Wert
	(n=18)	(n=21)	
Hautschnitt (cm)	7,7 ±0,9	20,2 ±4,6	<0,0001
Min.-Max.	6-10	13-28	
Anastomose/Patient	1,05±0,22	1,19±0,39	0,17
ITA-Präp-Zeit (min)			
Mittel + SD	52 ±14	39 ±18	0,02
Min.-Max.	35-90	20-80	
OP-Dauer(min)			
Mittel (min) + SD	184±37	182 ±43	0,88
Min.-Max.	135-255	120-300	
Fluß-Messung (ml/min)			
Mittel + SD	43±15	57±36	0,13
Min.-Max.	21-65	22-110	
Intubationsdauer (h)			
Mittel + SD	13 ±5	11 ±4	0,17
Min.-Max.	7-24	5-19	
Drainageverlust (ml/d)			
Mittel + SD	669 ±338	1.064 ±808	0,06
Min.-Max.	220-1.500	170-2.250	
Intensivaufenthalt (h)			
Mittel + SD	23,6±8,5	51,3 ±61,1	0,07
Min.-Max.	16-45	17-288	
Krankenhausaufenthalt (d)			
Mittel + SD	8,42 ±2,79	10,91 ±1,21	0,08
Min.-Max.	5,66-13,5	2,83-25	

Statistik: Fisher's Exact Test (SISA)

Hingegen fand sich wieder eine Tendenz beim Krankenhausaufenthalt. Die Patienten der PLST-Gruppe befanden sich im Durchschnitt 8,42 Tage in der Klinik. Die Patienten der FST-Gruppe verblieben im Mittel 10,91 Tage im Krankenhaus. Signifikante Auffälligkeiten fanden sich nicht (p=0,08). Die Patienten der PLST-Gruppe waren durchschnittlich zwei Tage weniger hospitalisiert.

Bezüglich des Blutverlustes über die Drainagen besteht zwar kein signifikanter Unterschied ($p=0,06$), eine Tendenz ist aber erkennbar. Betrachtet man die absoluten Zahlen, so fallen in der FST-Gruppe höhere Verluste auf (maximal 2.250 ml). Dieser sehr hohe Verlust trat bei einem Patienten, der bereits intraoperativ eine verstärkte Blutung aufwies, auf. Ein weiteres chirurgisches Vorgehen war im Verlauf nicht notwendig.

In der PLST-Gruppe wurde nicht signifikant weniger Blutverlust über die Drainage gemessen, im Mittel etwa 400 ml.

Tabelle 4: Früh-postoperative Komplikationen

Ursache		PLST (n=18)	FST (n=21)	p-Wert
Nachblutung	(n)	1	1	1,00
Refixation wegen Instabilität	(n)	0	2	0,49
Bypassverschluß	(n)	0	0	1,00
Anastomosostenose	(n)	0	0	1,00
Wundinfektion	(n)	0	0	1,00
Sonstige	(n)	0	0	1,00

Statistik: Fisher's exact t-test (SISA)

In beiden Gruppen war je eine Nachblutung aufgetreten (Tabelle 4). In der PLST-Gruppe musste vier Stunden nach der Operation rethorakotomiert werden, man fand eine kleine Blutung im Bett der Arteria thoracica interna. Der Patient in der FST-Gruppe musste bereits eineinhalb Stunden nach Hautverschluss rethorakotomiert werden. Er hatte bis unmittelbar vor der Operation sowohl ASS wie auch Clopidogrel genommen. Eine eindeutige Blutungsquelle war jedoch nicht zu lokalisieren gewesen. In der FST-Gruppe musste zweimal erneut der Thorax refixiert werden. Einmal war dies zwei Wochen nach Operation, ein weiteres Mal sechs Wochen später erforderlich. Eine Ursache für die Instabilität des Sternums konnte nicht gefunden werden. In der FST-Gruppe war bei einem Patienten wegen einer intraoperativ aufgetretener Komplikation, die linke Kranzarterie lag tief intramural

und konnte durch den begrenzten Zugang nicht dargestellt werden, die Umwandlung in eine volle Sternotomie und das Anschließen an die Herz-Lungen-Maschine erforderlich. Dieser Patient wurde daher für die Bewertung der früh-postoperativen Phase aus der Studie ausgeschlossen. In der Langzeitbeobachtung, vor allem bei der Bewertung des kumulativen Überlebens wurde der Patient aber berücksichtigt.

4.2 Laborparameter

Die Labor-Parameter wurden in eine Microsoft Excel-Tabelle eingetragen, tabellarisch geordnet und in Mittelwerte, Standardabweichung und Fehlerindikatoren eingeordnet. Entsprechende Diagramme stellen den Verlauf von präoperativ bis fünf Tage postoperativ dar. Die PLST-Gruppe wurde blau-gestrichelt dargestellt, die FST-Gruppe rot. Die zart-rosa Linie markiert den Normbereich. Signifikante Abweichungen wurden mit einem Stern (*) gekennzeichnet. Alle kontinuierlichen Daten der Laborparameter im Abschnitt 4.2 wurden mit dem Mann-Whitney U-Test statistisch ausgewertet.

4.2.1 Nierenfunktion

4.2.1.1 Kreatinin-Verlauf

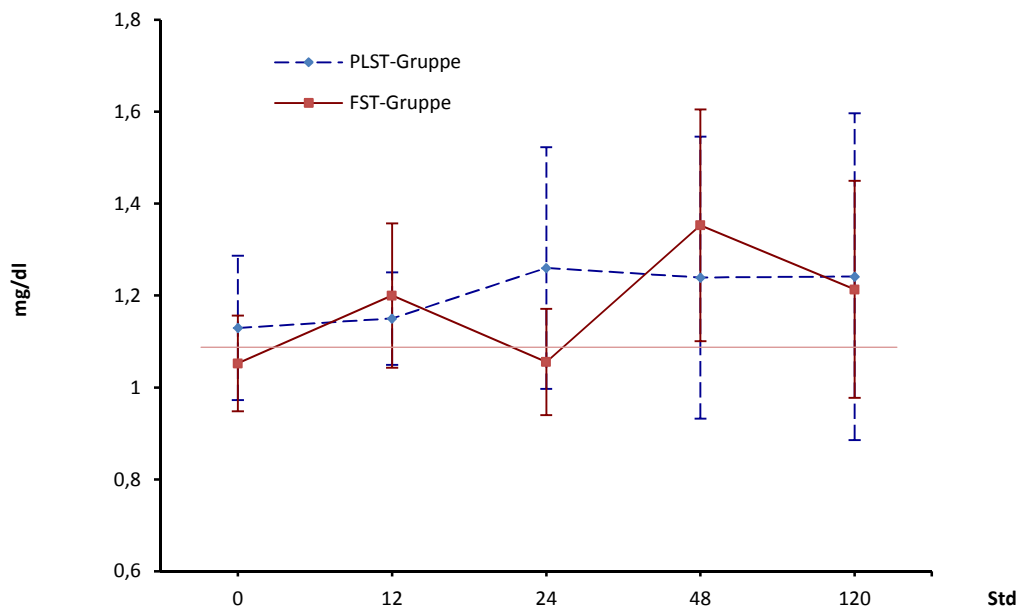


Abbildung 15: Peri- und postoperativer Kreatinin-Verlauf (die zart-rosa Linie stellt den obersten Normbereich dar: 1,1 mg/dl).

Die gemessenen Kreatininwerte waren nicht signifikant unterschiedlich (Abbildung 15). In der PLST-Gruppe fand sich ein Patient mit einer leichten Niereninsuffizienz. Hier wurde postoperativ ein maximaler Wert von 3,9 mg/dl gemessen. Im weiteren Verlauf hatte sich die Nierenfunktion des Patienten, zwar verzögert, jedoch wieder normalisiert. Auch in der FST-Gruppe bestanden bei zwei Patienten etwas erhöhte präoperative Kreatininwerte, die sich im weiteren Verlauf normalisierten. Der Maximalwert wurde in der PLST-Gruppe nach 24 Stunden gemessen, in der FST-Gruppe fanden sich Anstiege sowohl nach 12 Stunden, wie auch nach 48 Stunden.

4.2.2 Entzündungsparameter

4.2.2.1 Leukozyten-Verlauf

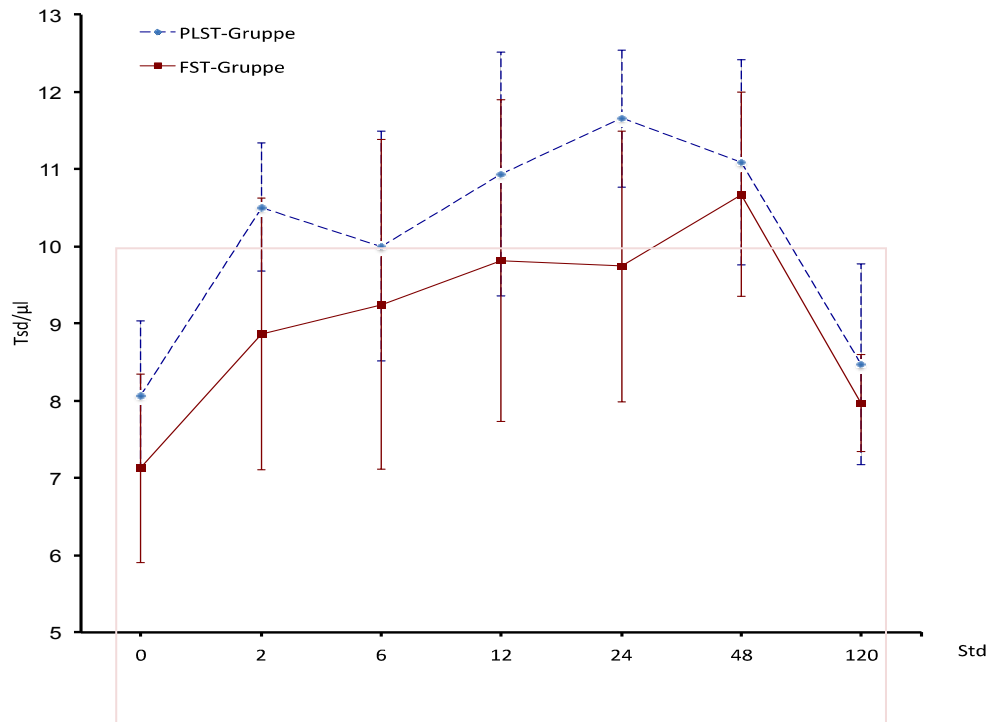


Abbildung 16: Intra- und postoperativer Leukozyten-Verlauf (das zart-rosa markierte Areal stellt den Normbereich dar: 4-10 Tsd/μl).

Die Leukozyten stiegen nach zwei bzw. sechs Stunden über den oberen Normwert an und hatten das Maximum zwölf Stunden nach Hautschnitt erreicht (Abbildung 16). Nach fünf Tagen wurde in beiden Gruppen der Normbereich wieder erreicht. In der PLST-Gruppe wurden bei zwei Patienten erhöhte Werte gemessen (21 Tsd/μl 12 hpo., 24 Tsd/μl 48 hpo.). Bei einem Patienten wurde prophylaktisch eine Antibiose verabreicht, ohne jedoch erkennbare klinische Entzündungszeichen. In der FST-Gruppe wurde einmalig ein Wert von 16,4 Tsd/μl gemessen. Auch hier fanden sich keine Anzeichen für eine Entzündung. Alle Leukozyten-Werte hatten sich bis zur Entlassung normalisiert.

4.2.2.2 CRP-Verlauf

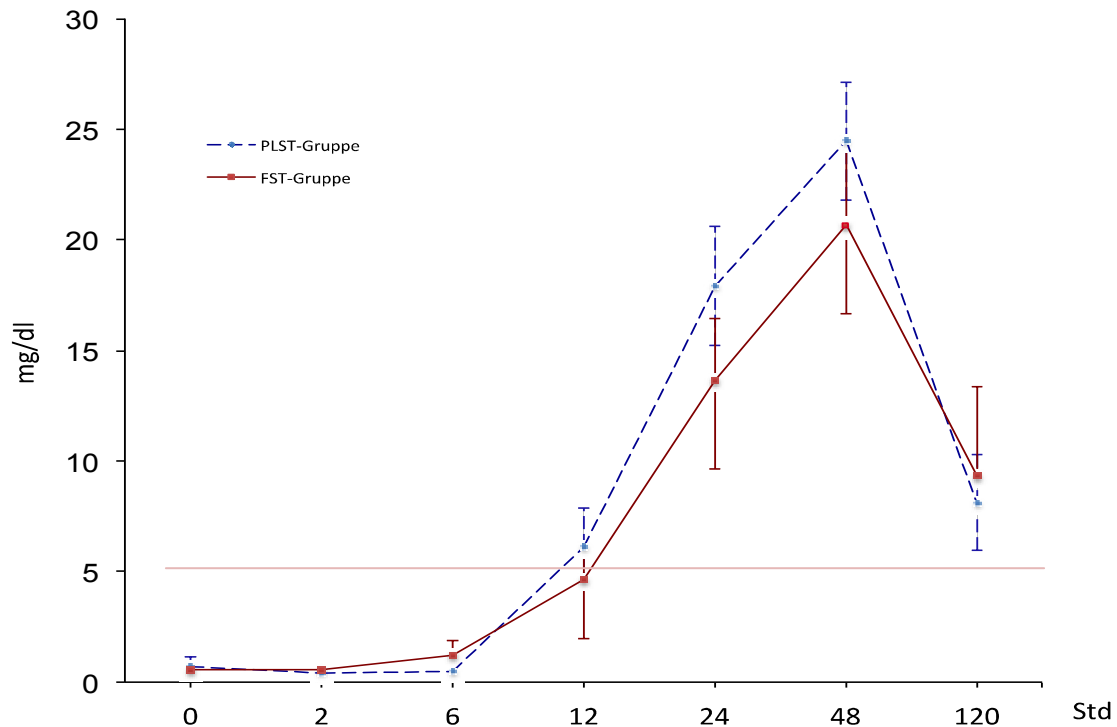


Abbildung 17: Intra- und postoperativer CRP-Verlauf (die zart-rosa Linie zeigt den obersten Referenz-Wert: 5,0 mg/dl).

Der CRP-Wert hatte in beiden Gruppen nach 48 Stunden ein Maximum erreicht und war nach fünf Tagen noch nicht zum Normbereich zurückgekehrt (Abbildung 17). Ein signifikanter Unterschied bei den Maximalwerten fand sich nicht, in beiden Gruppen stiegen die Werte bis 39 bzw. 38 mg/dl an. Nach fünf Tagen zeigte sich in allen Fällen eine Tendenz zur Normalisierung. Die Erhöhung der Werte korrelierte in keinem Fall mit klinischen Anzeichen einer Infektion. Eine Signifikanz stellte sich nicht dar.

4.2.2.3 Interleukin-6-Verlauf

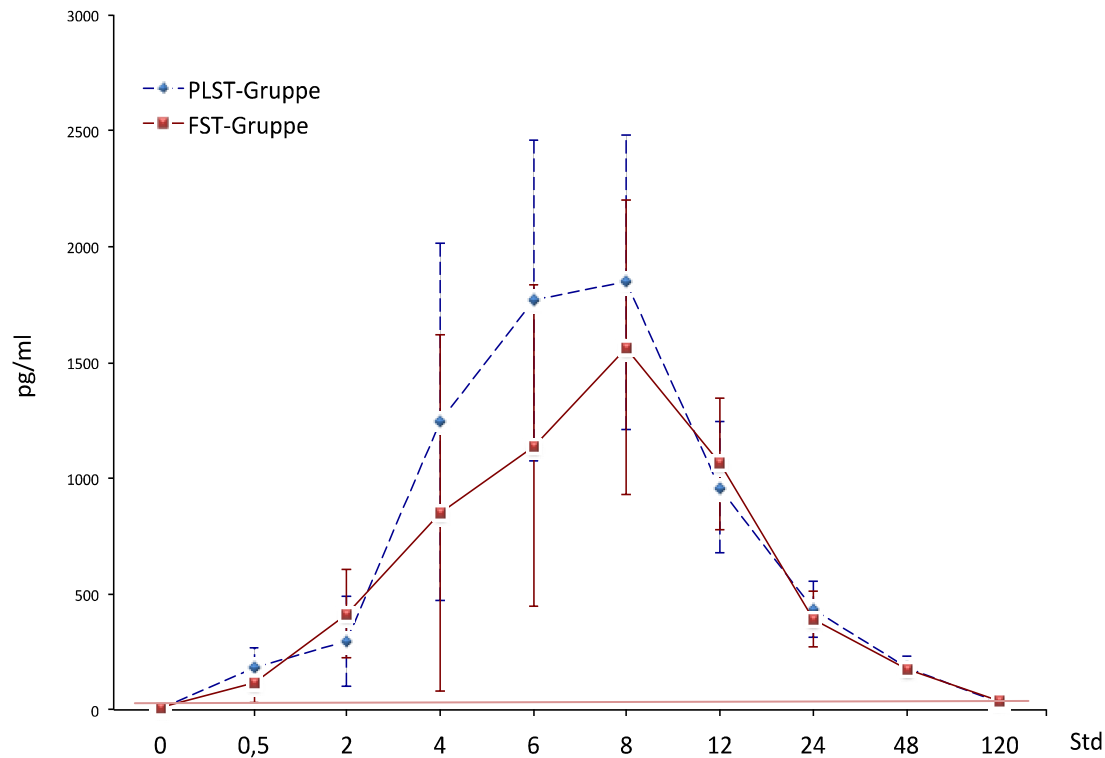


Abbildung 18: Intra- und postoperativer IL-6-Verlauf (die zart-rosa Linie markiert den Referenzbereich: 10 pg/ml)

In der PLST-Gruppe wurde ein maximaler Anstieg nach acht Stunden ermittelt, in der FST-Gruppe bereits nach sechs Stunden. Hier stieg dann der Wert nach 8 Stunden nochmals an, um dann wieder abzufallen (Abbildung 18). In der FST-Gruppe wurden bei zwei Patienten Anstiege bis 8.542 bzw. 5.213 pg/ml gefunden. Sie hatten sich nach fünf Tagen wieder normalisiert. In der PLST-Gruppe wurden ebenfalls bei zwei Probanden Anstiege mit 4.606 und 3.699 pg/ml gemessen. Auch diese Werte normalisierten sich nach fünf Tagen. Eine Signifikanz wurde nicht festgestellt. Klinische Zeichen einer hierzu korrelierenden Entzündung fanden sich nicht. Nach fünf Tagen konnten bei allen Patienten wieder Normalwerte gemessen werden.

4.2.2.4 Tumornekrosefaktor- α -Verlauf

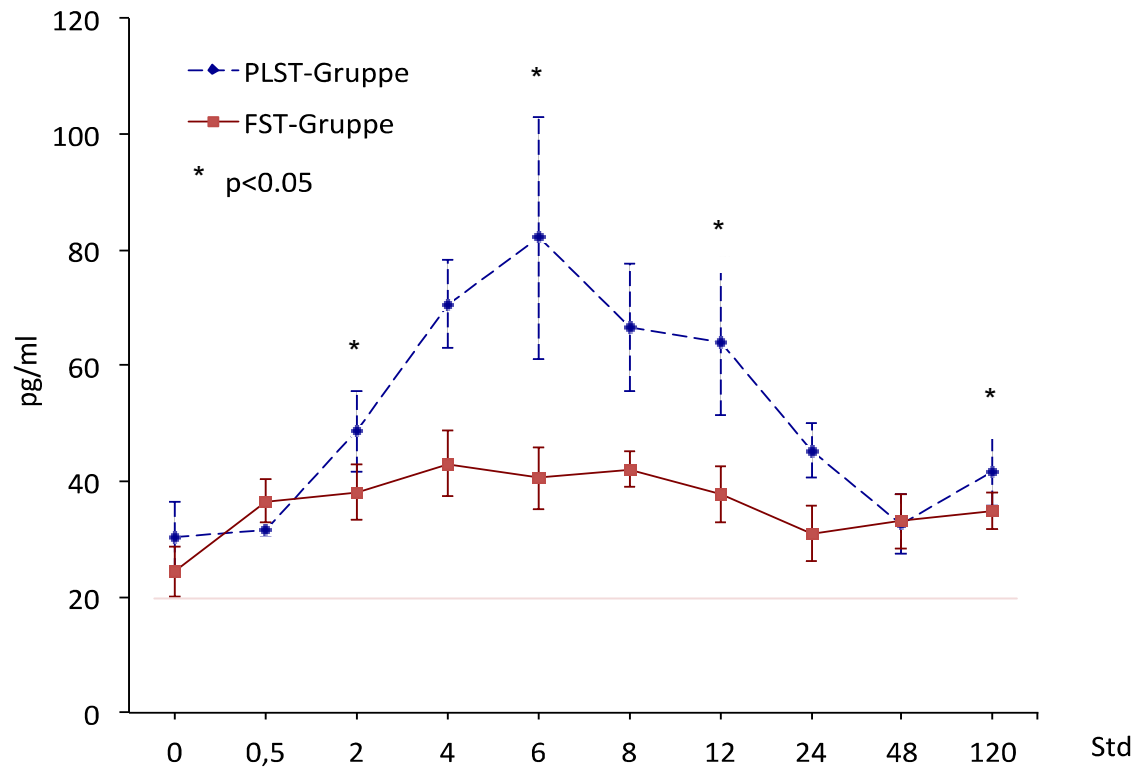


Abbildung 19: Intra- und postoperativer TNF- α Verlauf (die zart-rosa Linie zeigt den Referenz-Bereich: bis max. 20 pg/ml).

Die Auswertung der TNF-Werte zeigte signifikante Unterschiede. Bereits nach zwei Stunden fanden sich in der PLST-Gruppe erste Auffälligkeiten (Abbildung 19), ein weiterer Anstieg nach sechs und zwölf Stunden (signifikant höher im Vergleich zur FST Gruppe). Auch nach fünf Tagen fanden sich immer noch signifikante Differenzen. In der FST-Gruppe wurden niedrigere Werte gemessen. Darüber hinaus zeigte sich in der PLST-Gruppe eine höhere Schwankungsbreite im Vergleich zur FST-Gruppe. Hier fand sich ein ausgeglichenes Niveau mit maximalen Werten bis 65,7 pg/ml, in der PLST-Gruppe wurden Ausschläge bis 161 pg/ml verzeichnet.

4.2.2.5 Tumornekrosefaktor- α p55-Verlauf

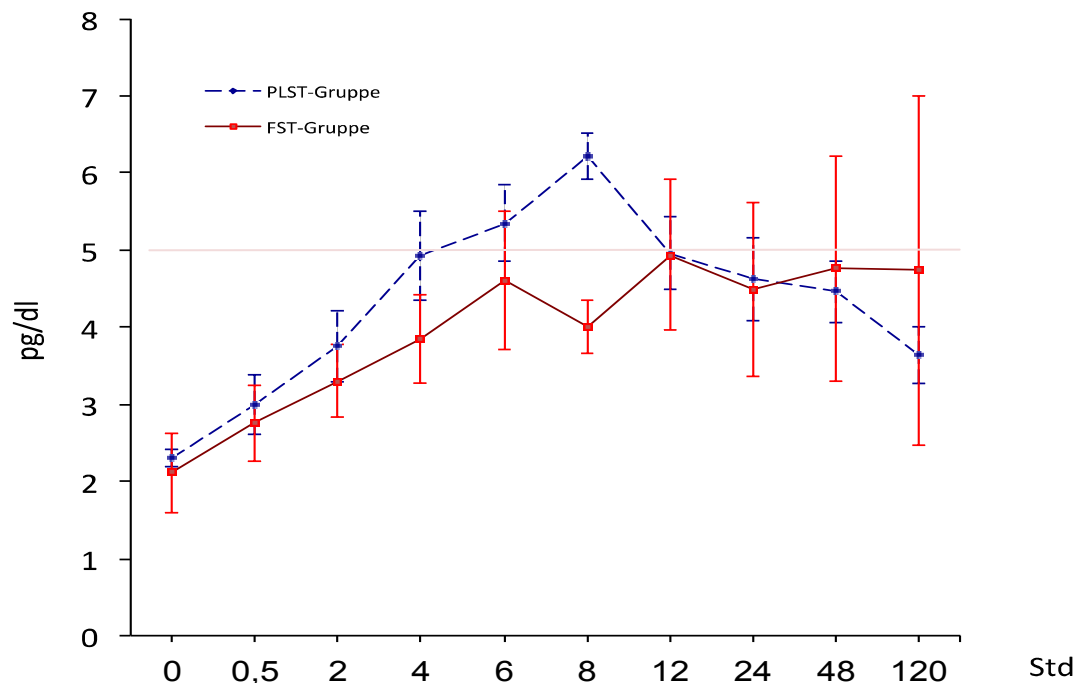


Abbildung 20: Intra- und postoperativer TNF-p55 Verlauf (die zart-rosa Linie zeigt den Referenz-Bereich: bis max. 5 pg/ml).

Die Auswertung der TNF-p55 Daten zeigten keine signifikanten Unterschiede (Abbildung 20). In der PLST-Gruppe wurde einmalig ein maximaler Wert von 11,3 pg/ml gemessen. Die überwiegende Mehrzahl bewegte sich aber um 5,0 pg/ml. Die mittleren Werte der FST-Gruppe überstiegen nicht einmal den oberen Wert des Referenzbereiches. In beiden Gruppen zeigte sich ein linearer Anstieg bis zur sechsten Stunde nach Hautschnitt und verlief in der PLST-Gruppe weiter, um nach acht Stunden wieder abzufallen. In der FST-Gruppe wurde nach 12 Stunden nochmals ein Maximum erreicht. In beiden Gruppen wurde nach 24 Stunden bereits wieder das Normalniveau erreicht.

4.2.2.6 Tumornekrosefaktor- α p75-Verlauf

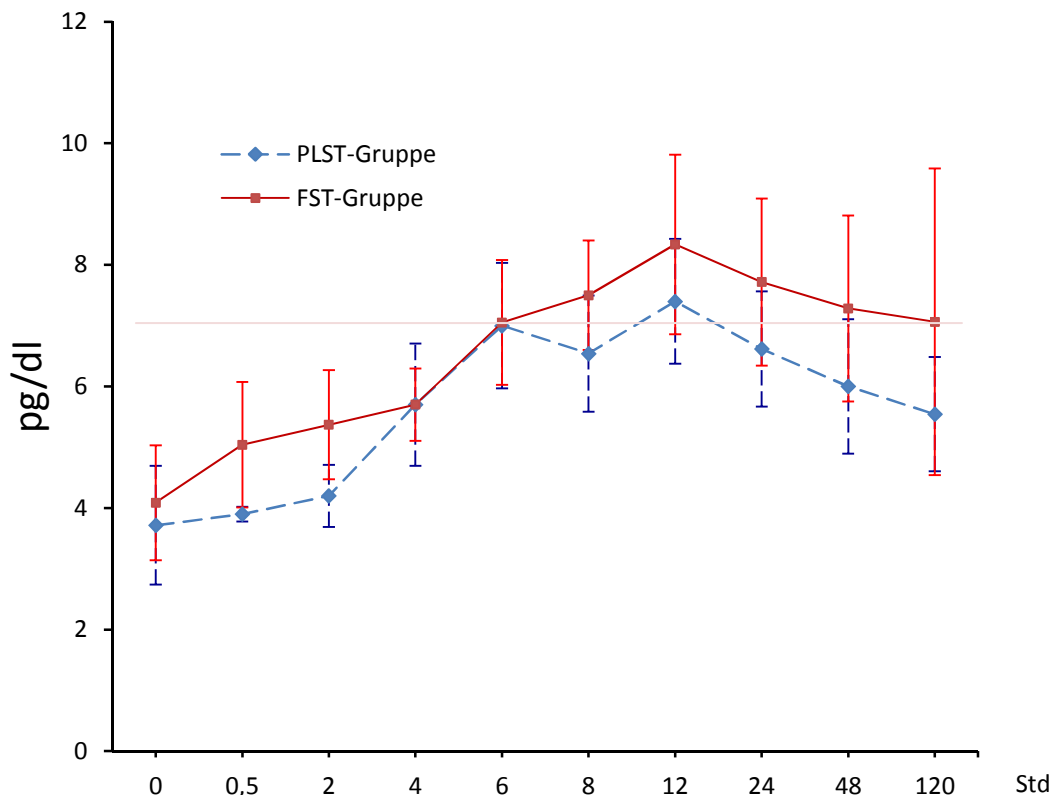


Abbildung 21: Intra- und postoperativer TNF-p75 Verlauf (die zart-rosa Linie zeigt den Referenz-Bereich: bis max. 5,0 pg/ml).

Auch bei den TNF-p75 Werten fand sich kein signifikanter Unterschied. In der PLST-Gruppe reichten die Werte von 2,7 bis max. 11,1 pg/ml, in der Vergleichsgruppe wurden Werte von 2 bis max. 22,5 pg/ml gemessen (Abbildung 21). Der zuletzt genannte Wert war ein Ausnahmefall. Die meisten Werte blieben unter 10 pg/ml. Der höchste Anstieg in der PLST-Gruppe konnte nach sechs Stunden gefunden werden, in der FST-Gruppe nach zwölf Stunden. Im weiteren Verlauf fielen die Werte bis zum fünften Tag wieder ab.

4.2.3 Myokardmarker

4.2.3.1 Kreatinkinase-Verlauf

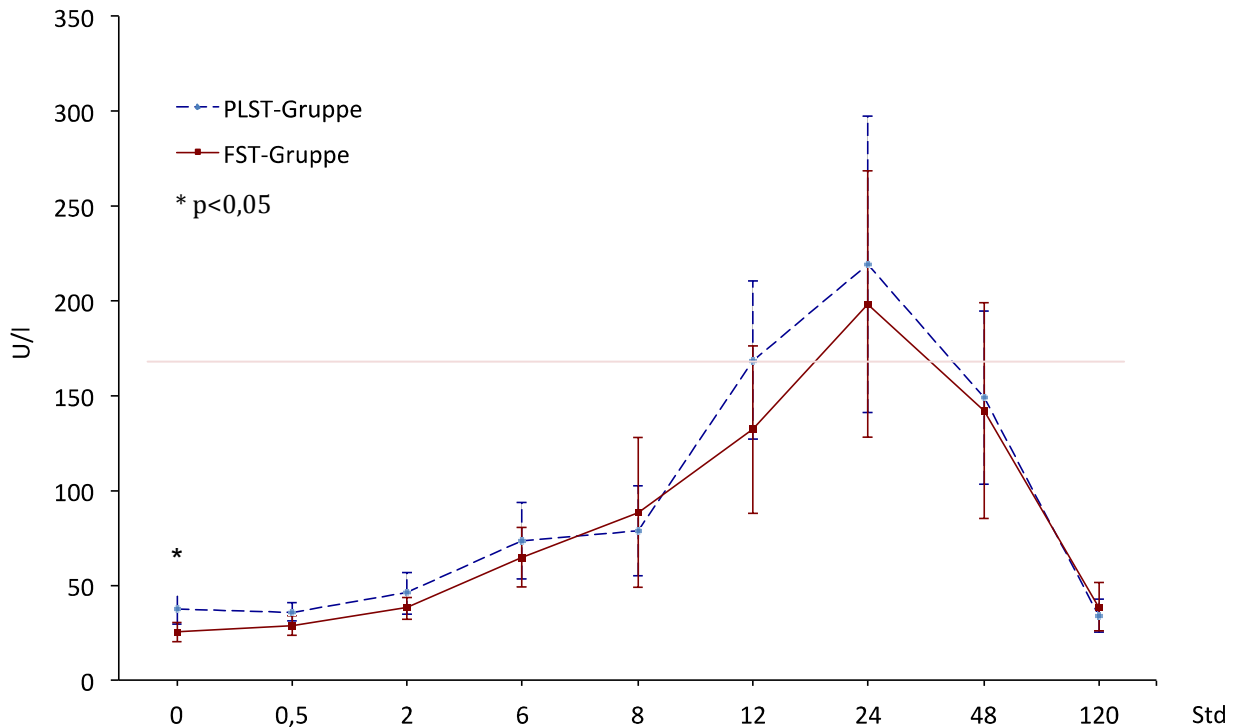


Abbildung 22: Intra- und postoperativer CK-Verlauf (die zart-rosa Linie zeigt den Referenz-Bereich: bis max. 170 U/l).

Der CK-Wert in beiden Gruppen hatte ca. 24 Stunden postoperativ einen maximalen Peak erreicht. Eine Signifikanz stellt sich in geringem Grade für die unmittelbar vor dem Hautschnitt durchgeführten CK-Werte dar (Abbildung 22). Sie waren aber alle weit im Normbereich. Die Werte stiegen danach bis 24 Stunden postoperativ an, hatten sich fünf Tage nach Operation in beiden Fällen wieder normalisiert.

4.2.3.2 Kreatinkinase-MB-Verlauf

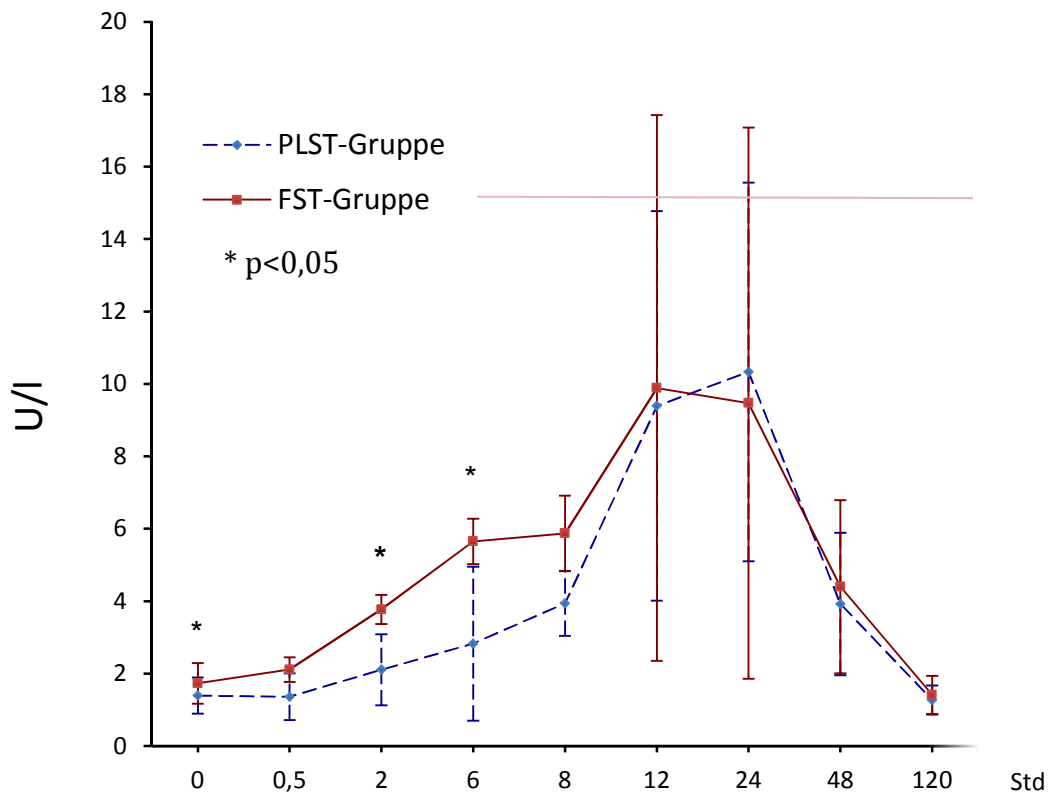


Abbildung 23: Intra- und postoperativer CK-MB Verlauf (die zart-rosa markierte Linie zeigt den durchschnittlich zehnpromtigen Anteil der CK-MB Fraktion vom CK-Wert: 17 U/l).

Ähnlich verhielt es sich mit dem CK-MB Werten. Auch hier wurde nach 24 Stunden ein Maximum erreicht, das sich rasch normalisierte (Abbildung 23). Ein signifikanter Unterschied zeigte sich vor und in den ersten Stunden nach Hautschnitt. In beiden Gruppen fand sich bereits acht Stunden postoperativ kein signifikanter Unterschied mehr. In der FST-Gruppe wurden größere Ausschläge gefunden. Kreislaufunregelmäßigkeiten oder andere klinische Zeichen hatten sich in den ersten 24 postoperativen Stunden nicht gezeigt, so dass nicht von einem Myokardschaden ausgegangen werden musste.

4.2.3.3 Troponin T-Verlauf

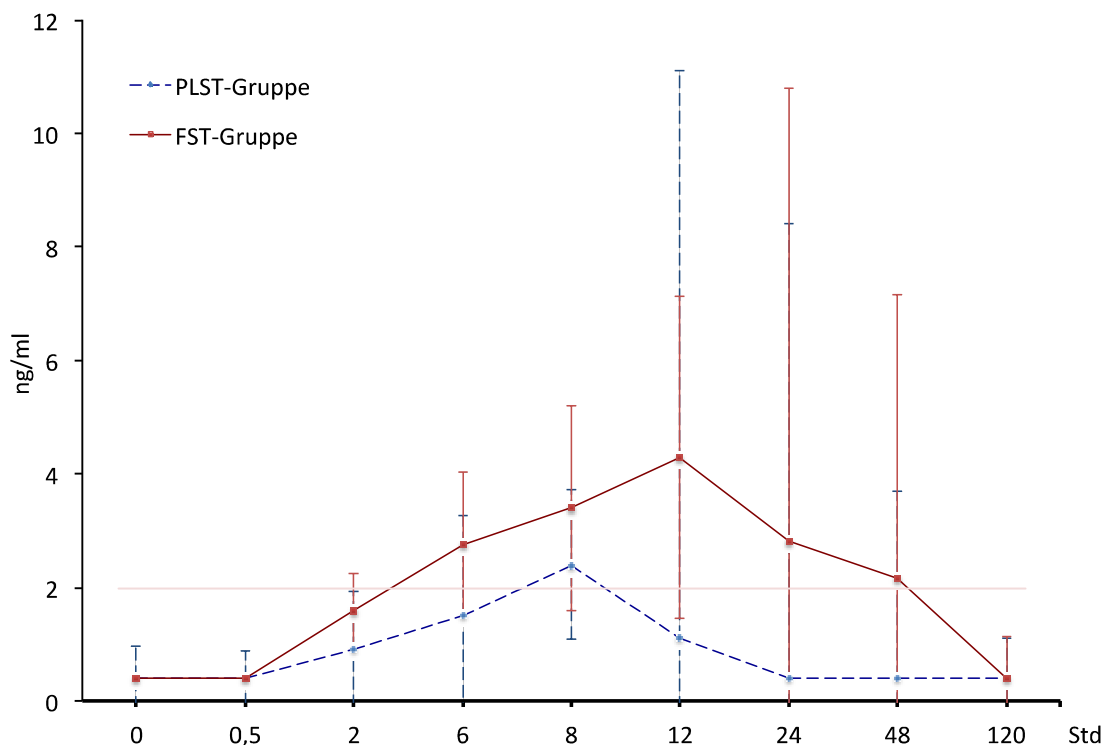


Abbildung 24: Intra- und postoperativer Troponin T-Verlauf (die zart-rosa Linie zeigt den Referenz-Bereich: bis max. 2,0 g/ml).

Das kardiale Troponin T (cTNT) zeigte nur geringgradig angestiegene Werte. In beiden Gruppen bildete sich eine geringe Reaktion von Troponin T heraus (Abbildung 24). Lediglich in der PLST-Gruppe fand sich nach 24 Stunden ein Anstieg, es wurden zweimal starke Ausschläge mit Werten von 74,9 und 56,9 ng/ml gemessen. In beiden Fällen fanden sich an den Gefäßen erhebliche Wandunregelmäßigkeiten, was zu einer verlängerten Anastomosenzeit geführt hatte. In der FST-Gruppe wurden ebenfalls zweimal sehr hohe Werte (104 und 51,6 ng/ml) gemessen. Bei einem Patienten fand sich ein stark verkalkter Diagonalast, der nicht versorgt werden konnte. Im anderen Fall konnte keine Erklärung gefunden werden. Bei keinem der Fälle wurde postoperativ ein Hinweis für eine Progredienz gefunden. Die Indikation zur Kontroll-Angiographie wurde in keinem Fall gestellt. Bei den im Rahmen der jetzt 2011 durchgeführten Follow-up Untersuchungen wurde in allen

vier Fällen ein Kardio-CT angefertigt, alle Bypässe waren offen und durchgängig. Eine Signifikanz zwischen den Gruppen konnte nicht festgestellt werden.

4.2.4 Weitere Verlaufsparemeter

4.2.4.1 Hämoglobin-Verlauf

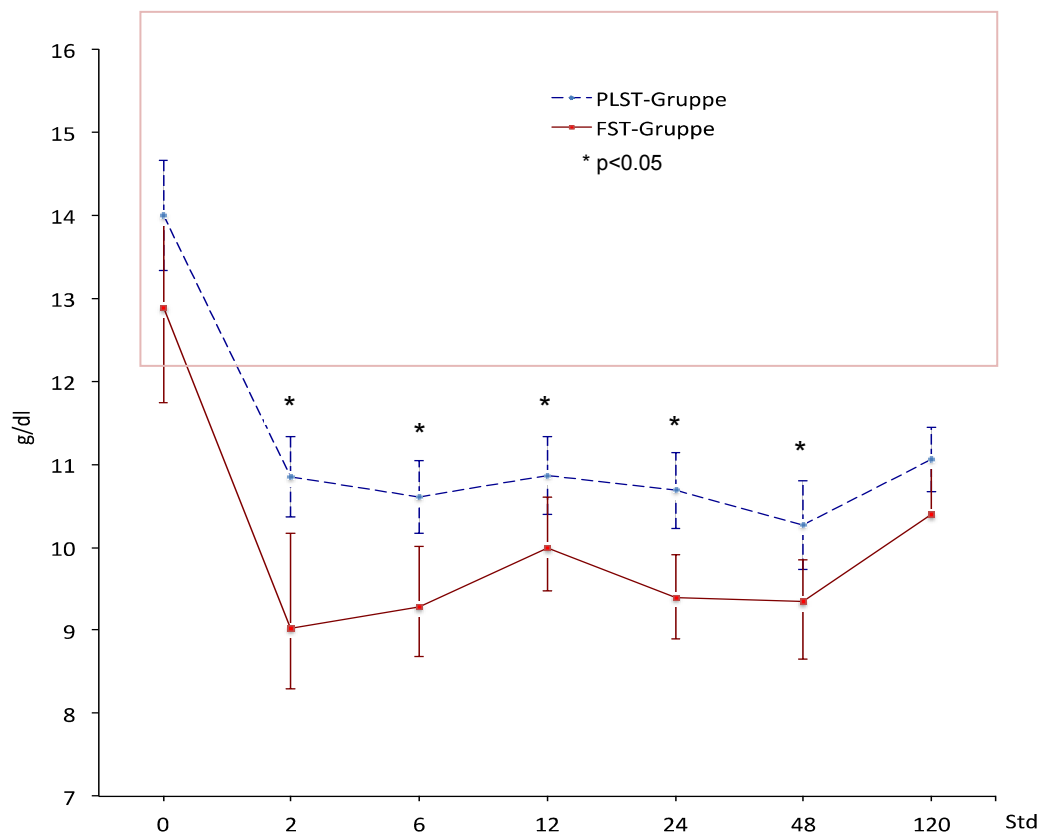


Abbildung 25: Intra- und postoperativer Hämoglobin-Verlauf (das zart-rosa markierte Areal stellt den Normbereich dar: 12,3- 17,5 g/dl).

Zur Überprüfung des Blutverlustes wurde das Hämoglobin gemessen. Hier zeigten sich in beiden Gruppen Abfälle nach zwei Stunden. Es wurden Werte bis unter 10 g/dl gemessen (Abbildung 25). Der niedrigste Wert lag in der FST-Gruppe bei 6,8 g/dl. In der PLST-Gruppe lag der niedrigste Wert etwas höher. Es fand sich bei einem der Patienten ein Hämoglobin von 8,5 g/dl. Bei diesem bestand präoperativ eine Leberzirrhose als wesentliche Grunderkrankung. Im Zeitraum von 2 bis 48

Stunden nach Hautschnitt zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Die Werte der FST-Gruppe lagen signifikant niedriger. Am fünften Tag konnte kein wesentlicher Unterschied mehr gesehen werden, ein leichter Anstieg des Hämoglobins zeichnete sich ab.

4.3 Follow-Up 2011

4.3.1 Langzeitüberleben

Die Darstellung des Langzeitüberlebens erfolgte nach Auswertung der Follow-up Bögen, zum Teil mussten Angehörige oder Hausärzte telefonisch oder persönlich befragt werden. Es zeigte sich, dass das Überleben in beiden Gruppen nicht unterschiedlich war ($p=0,104$; Log-Rank (Mantel-Cox)).

Ein Patient der PLST-Gruppe verstarb fünf Jahre nach der Operation an einer Leberzirrhose, die auch schon präoperativ bestanden hatte. In der FST-Gruppe waren nach etwa neun Jahren fünf Patienten verstorben. In einem Fall hatten Angehörige von einem Sturz 2008 und einer nachfolgenden, tödlichen Blutung des Patienten berichtet. Bei einem weiteren wurde von den Angehörigen eine Demenz als Todesursache genannt. Todeszeitpunkt war das Jahr 2007. Bei einem 2002 Verstorbenen wurde eine Ruptur eines bereits bekannten Descendens-Aneurysmas vermutet. Die Angehörigen konnten keine weiteren Angaben zu Todesursachen machen. Nur bei zwei, jeweils 2004 verstorbenen Patienten, konnte trotz intensiver Recherche kein Hinweis für eine Todesursache eruiert werden. Die Angehörigen vermuteten jedoch keine kardiale Ursache (Abbildung 26).

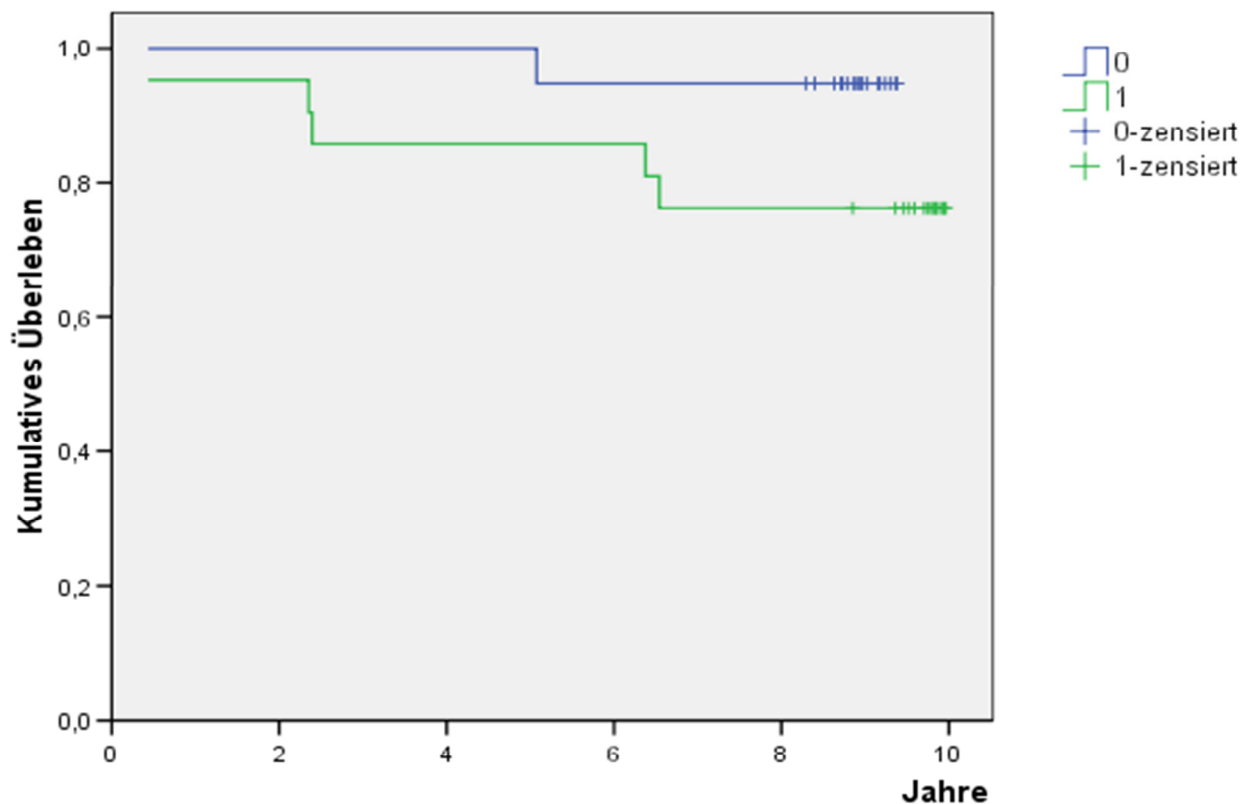


Abbildung 26: Kaplan Meier Kurven-Langzeit-Überleben der beiden Gruppen. Das Überleben ist nicht signifikant unterschiedlich ($p=0,104$; Log-Rank). Die Patienten der PLST-Gruppe werden in der blauen Linie dargestellt, die der FST-Gruppe in der grünen Linie.

4.3.2 Komplikationen im Langzeitverlauf

Eine erneute Herzoperation war im Langzeitverlauf bei beiden Gruppen nicht erforderlich (Tabelle 5). Eine weitere Herzkatheteruntersuchung wurde in neun Fällen in der PLST-Gruppe durchgeführt, achtmal erfolgte dies in der FST-Gruppe. Dabei wurde in der PLST-Gruppe bei einem Patienten eine Stentimplantation 2012 in den verengten Bypass zur LAD erforderlich. Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Bypassverschlüsse konnte in beiden Gruppen nicht erkannt werden ($p=1,00$). In der FST-Gruppe musste postoperativ bei drei Patienten (2006, 2008 und 2011)

interveniert werden. In zwei Fällen erfolgte die Implantation eines Stents in die RCX bzw. die rechte Koronararterie. Einmal wurde ein LITA-Bypass mit einem Stent versorgt (Tabelle 6). Ein signifikanter Unterschied beider Verfahren ist nicht auszumachen gewesen ($p=0,62$). Im Rahmen der 2011 durchgeführten Nachuntersuchungen, häufig mit Durchführung eines Kardio-CT, sind bei den erfassten Patienten keine weiteren kardialen Befunde erhoben worden. Eine wesentliche Progression der KHK wurde nicht festgestellt.

Tabelle 5: Postoperative kardiale Komplikationen

	PLST (n=18)	FST (n=21)	p-Wert
Erneute Herzoperation	0	0	1,00
Bypass-Verschluss	0	1	1,00
PTCA+Stent postop.	1	3	0,62
LAD	0	0	1,00
RCX	1	2	1,00
RCA	1	1	1,00
LITA	0	1	1,00

Statistik: Fisher's Exact Test (SISA)

In der PLST-Gruppe wurde die RCA und RCX in gleicher Sitzung dilatiert, in der FST-Gruppe wurden in einem Fall die RCX, in einem weiteren Fall die RCA und die RCX aufgedehnt. Schließlich musste in einem Fall der LITA-Bypass gestentet werden.

4.3.3 Lebensqualität in der Patienten-Bewertung

Die Auswertung des Fragebogens (Tabelle 6a und b) erfolgte vor allem unter klinischen Aspekten. Bei der Bewertung der 10-Jahres-Langzeitergebnisse war zu erkennen, dass die Patienten mit der Bewertung ihrer allgemeinen Gesundheit im Vergleich zur Situation vor der Operation eher zufrieden waren (Tabelle 6a). Der Mittelwert für die PLST-Gruppe lag hier bei 1,94, bei der FST-Gruppe bei 2,06. Somit kann ein leichtes Übergewicht in der FST-Gruppe erkannt werden, ein signifikanter Unterschied besteht nicht ($p=0,65$). Bei der Belastbarkeit im Alltag

wurde eine Wertung von 2,05 (PLST-Gruppe) im Vergleich zu 1,68 (FST-Gruppe) gemessen. Dies weist auf eine etwas eingeschränkte Belastbarkeit im Alltag hin. Es ist ebenfalls kein signifikanter Unterschied zu erkennen ($p=0,93$). Die Wertung des Gesundheitszustandes im Vergleich zur präoperativen Situation wurde durchgehend als besser eingeordnet, ein geringes Übergewicht kann man in der FST-Gruppe erkennen. Wiederum findet sich keine Signifikanz ($p=0,80$). Auch die Lebensqualität zeigte sich insgesamt als eher gebessert, wobei in der PLST-Gruppe die Tendenz eher zum gleichen Befund wie vorher gegangen war. Hier fand sich ein Messwert von 2,88 (PLST-Gruppe) im Vergleich zu 2,46 (FST-Gruppe), abermals fand sich keine Signifikanz ($p=0,65$).

Tabelle 6a: Auswertung Follow-Up 2011: Zufriedenheit und Gesundheitszustand

		PLST [n]	FST [n]	PLST [%]	FST [%]	p-Wert
Gesundheit allgemein	sehr zufrieden	2	2	11,8	14,3	0,62
	zufrieden	14	10	82,4	71,4	
	unzufrieden	1	3	5,9	21,4	
	sehr unzufrieden	0	0	0,0	0,0	
Einschränkungen im Vergleich zu vor der Operation	sehr zufrieden	3	4	17,6	28,6	0,93
	zufrieden	11	9	64,7	64,3	
	unzufrieden	2	2	11,8	14,3	
	sehr unzufrieden	1	0	5,9	0,0	
Gesundheits- zustand im Vergleich zu vor der Operation	sehr zufrieden	1	3	5,9	21,4	0,02
	zufrieden	6	7	35,3	50,0	
	unzufrieden	9	1	52,9	7,1	
	sehr unzufrieden	1	4	5,9	28,6	
Belastung im Vergleich zu vor der Operation	sehr zufrieden	1	1	5,9	7,1	0,11
	zufrieden	4	9	23,5	64,3	
	unzufrieden	8	2	47,1	14,3	
	sehr unzufrieden	4	3	23,5	21,4	
Lebensqualität im Vergleich zu vor der Operation	sehr zufrieden	2	1	11,8	7,1	0,41
	zufrieden	5	9	29,4	64,3	
	unzufrieden	7	4	41,2	28,6	
	sehr unzufrieden	3	1	17,6	7,1	

Statistik: Fisher's Exact Test (SISA)

Bei der Einstufung der jetzigen Situation fanden sich ebenfalls keine Signifikanzen. Dabei wurden verschiedene Maßeinheiten, der angepasste verkürzte Quality of Life Fragebogen (Tab. 6a) und die Visual Analogical Scale Einteilung (Tab. 6b) gewählt. Man konnte bei der Bewertung der aktuellen Lebensqualität für die PLST-Gruppe einen Wert von 7,06 finden, während in der FST-Gruppe ein Wert von 7,13 festgestellt wurde. Hier stellt sich ein leichtes Übergewicht ein, welches jedoch nicht eindeutig signifikant ist ($p=0,91$). Das aktuelle Befinden wurde wiederum gering besser bei der FST-Gruppe mit 6,93 gemessen, im Vergleich hierzu 7,29 in der PLST-Gruppe. Wiederum fand sich kein deutlicher Unterschied ($p=0,55$). Die Bewertung der Operationsnarbe war dann deutlich besser bei der PLST-Gruppe

ausgefallen, es wurde ein Wert von 8.47 im Vergleich zu 7,47 (FST-Gruppe) gemessen. Dennoch konnte auch hier, wider Erwarten, kein Signifikanz festgestellt werden ($p=0,16$). Insgesamt zeigte sich, dass ein doch erhebliches Maß an Zufriedenheit bestand.

Tabelle 6b: Auswertung Follow-Up 2011: Zufriedenheit und Gesundheitszustand

	PLST n=18	FST n=20	p-Wert
aktuelles Befinden (1-10)	7,29±1,93	6,93±1,65	0,55
aktuelle Lebensqualität (1-10)	7,06±1,70	7,13±1,59	0,91
Bewertung OP-Narbe (1-10)	8,47±1,88	7,47±2,06	0,16

Wertungen: 1-10, 1=sehr schlecht bis 10=sehr gut; Statistik: Fisher's Exact Test (SISA)

Somit kann festgestellt werden, dass deutliche Unterschiede in der Erfassung der Langzeit-Ergebnisse beider Gruppen nicht zu erkennen sind. Daraus ist abzuleiten, dass der verkleinerte Zugang keinerlei Nachteil für die Patienten bedeutet. Das kosmetische Ergebnis der Narbe ist größtenteils bei partieller unterer Sternotomie etwas besser bewertet. Eine Signifikanz fand sich nicht.

Im Rahmen der durchgeführten Nachuntersuchungen wurden in unserem Hause Kardio-CT-Untersuchungen durchgeführt. Dabei konnten detaillierte Bilder insbesondere bei der Darstellung des Brustbeines aber auch der präparierten Arteria thoracica interna gezeigt werden. Abbildung 27 zeigt die Schichtebene des inzidierten und wieder verschlossenen Sternums in einer Ultrafast-CT Darstellung. Der Einschnitt längs in der Mitte des Sternums bis zum manubrio-sternalen Übergang (Louis-Winkel) ist deutlich zu erkennen. Das Manubrium ist nahezu intakt. Auffallend ist ein kleines Fraktur-Stück am linken unteren Rand des Manubriums. Dies kann gelegentlich beim Aufspreizen des Thorax auftreten. Dabei spielt die Knochenstruktur, zum Beispiel osteoporotische Veränderungen eine Rolle.

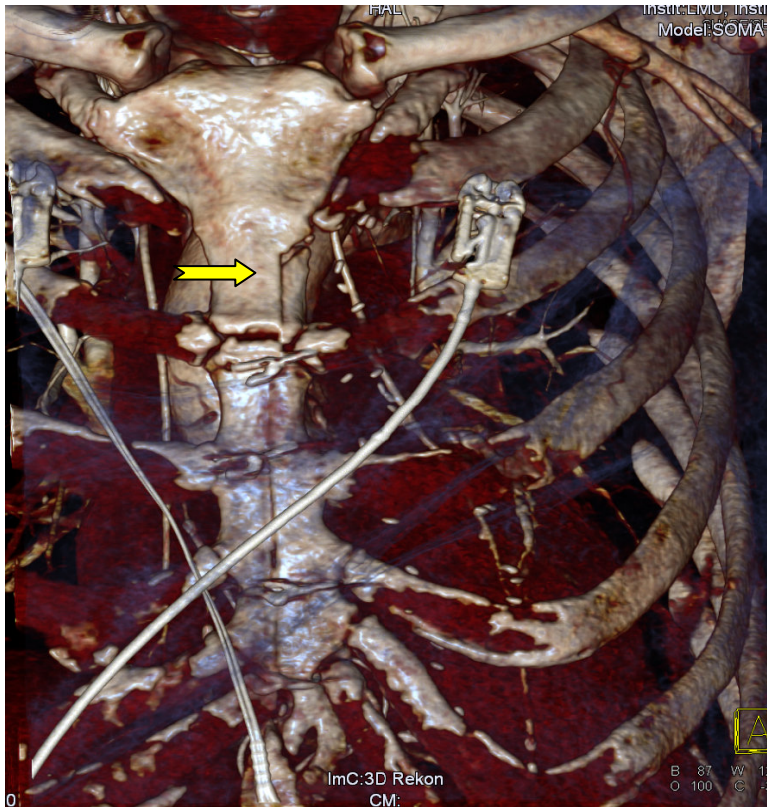


Abbildung 27: Zur Darstellung kommt eine Ebene im Schicht-CT des inzidierten Sternums mit erkennbarer Schnittführung bis zum Manubrium (Dritter Inter-costalraum). Rechts seitlich davon findet sich die LITA. Das Manubrium ist bis auf ein kleines Frakturstück (➡) im rechten unteren Abschnitt unversehrt.

Darüber hinaus konnte in einer tieferen Schichtebene der Verlauf der Arteria thoracica interna gezeigt werden. Dabei ist gut zu erkennen, dass das Gefäß bis nahezu an den Abgang von der Arteria Subclavia sinistra verfolgt und präpariert werden konnte (Abbildung 28).

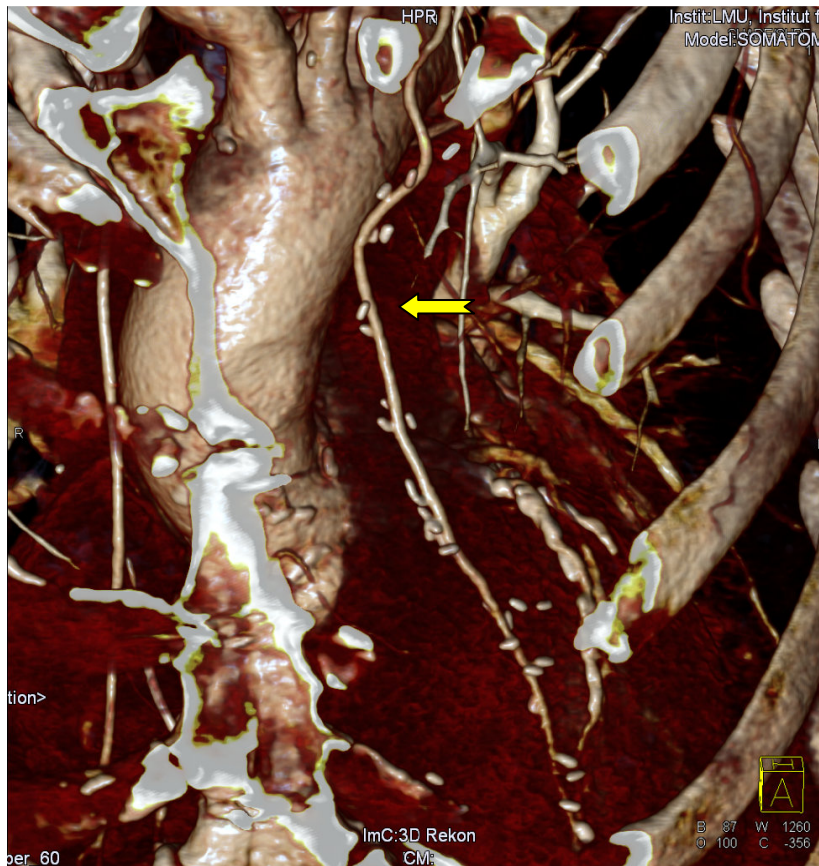


Abbildung 28: In der tieferen Schichtebene ist die Arteria thoracica interna zu erkennen (↔), Metallclips zum Ligieren der Seitenäste befinden sich im gesamten Verlauf bis weit kranial in Richtung Arteria subclavia.

In Abbildung 29 wird in einer links-anterioren CT-Schichtung eine LITA-Präparation bei voller Sternotomie dargestellt. Zu erkennen ist der Verlauf vom Abgang an der Arteria subclavia bis zur Abbiegung unter bzw. neben dem Sternum und weiter zum Herzen. Das Sternum ist mit sechs Drähten fixiert. Unter dem letzten Drittel des LITA-Verlaufes verläuft ein weiterer Venenbypass. Der Präparationsverlauf markiert sich durch die Gefäß-Clips, die bis weit kranial verfolgt werden können.

Im Vergleich der beiden Abbildungen (28 und 29) zeigt sich, dass kein wesentlicher Unterschied in der Präparation der LITA bei voller und partieller Sternotomie zu erkennen ist. Auch bei kompletter Durchtrennung des Sternums ist nicht zwangsläufig eine bessere LITA-Präparation die Folge.

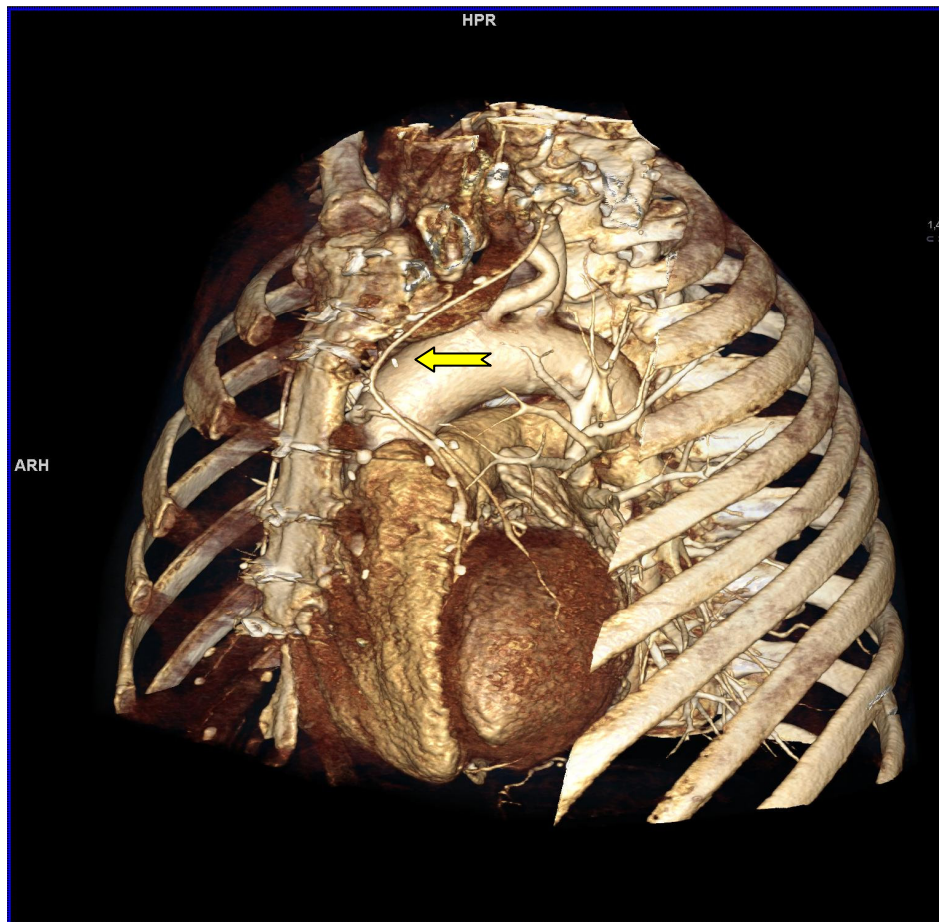



Abbildung 29: Darstellung der LITA () bei einem Patienten aus der FST-Gruppe. Der Verlauf der Bypasses zur Herzvorderwand ist gut zu sehen. Gefäß-Clips können bis unter das Schlüsselbein erkannt werden.

5 DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob bei der Revaskularisation der Vorderwand des Herzens die partielle untere Ministernotomie als Zugangsweg Vorteile gegenüber der kompletten medianen Sternotomie bietet. Naturgemäß ist der Hautschnitt mit durchschnittlich 7,7 cm deutlich kürzer als bei der kompletten Sternotomie mit etwa 20,2 cm. Durch diesen verkleinerten Zugangsweg darf die Qualität der Revaskularisation in keinem Fall gefährdet werden. Daher wurden neben den kurzfristigen Ergebnissen auch die Langzeitergebnisse überprüft.

5.1 Perioperative Ergebnisse:

Zusätzlich zu der Revaskularisation der LAD können auch die Diagonaläste, sofern sie darstellbar sind, revaskularisiert werden. Dabei spielt die Hämodynamik die entscheidende Rolle. Die am linksseitigen Perikard angebrachten Perikardzügel müssen deutlich stärker angezogen werden um die Diagonaläste der LAD an der Herzvorderwand nach medial in die Operationsöffnung zu bewegen. Nach unserer Erfahrung ist dieses Manöver erst nach Revaskularisation der LAD in einem hämodynamisch sicheren Zustand möglich. In der Literatur wurden bereits verschiedene Arbeiten zu diesem Thema veröffentlicht. Die erste Publikation stammt von Grandjean. Er beschreibt sechs Patienten bei denen sowohl eine LITA-LAD Anastomose als auch eine Anastomose der Arteria gastroepiploica zur RCA durch eine partielle untere Ministernotomie vorgenommen wurde. Keiner der Patienten hatte postoperative Probleme und wurde im Mittel nach 4,8 Tagen aus dem Krankenhaus entlassen (Grandjean 1999). Lichtenberg beschreibt ebenfalls die erfolgreiche Revaskularisation von zehn Patienten mit „L- oder T-Shaped“ Sternotomien. Dabei blieb jeweils das Manubrium des Sternums intakt (Lichtenberg 2000). Bei der LITA-LAD Anastomose wurde mit der oszillierenden Knochensäge ein „umgekehrtes L“ vom Xiphoid bis kurz vor das Manubrium eröffnet und dann nach links erweitert („L-Shaped“ links). Bei der Versorgung der RITA-RCA wurde eine „L-Shaped“ Sternotomie nach rechts vorgenommen und bei LAD und RCA-Versorgung eine „T-Shaped“ Sternotomie, d.h. Durchsägen des Xiphoides und Corpus des Sternums, sowie horizontal vor dem Manubrium, das intakt bleibt. Ähnlich wie wir sieht auch Lichtenberg einen großen Vorteil in der Integrität des oberen Brustbeines

mit erhaltener Stabilität als auch eine zügige Konversionsmöglichkeit bei kardialen Problemen zur vollen Sternotomie. In unserer Studie wurde ein für eine PLST vorgesehener Patient wegen intramural verlaufender LAD zunächst zur vollen Sternotomie konvertiert und, als die LAD immer noch nicht freigelegt werden konnte, an die HLM angeschlossen. Die einzelnen Operationsschritte wurden dabei ohne jegliche Notfallsituation durchgeführt. Troise führte eine umgekehrte „L-Shaped“ Sternotomie bei 56 Patienten und eine „T-Shaped“ Sternotomie bei fünf Patienten zur Revaskularisation des Herzens durch (Troise 2002). Von den 61 Patienten wurden fünf Patienten (8.2%) konvertiert, ebenfalls ohne Notfallsituation wie in unserem Fall. Bei der Konversion einer linksseitigen Minithorakotomie zur vollen Sternotomie entsteht ein deutlich größeres chirurgisches Trauma, denn zusätzlich zum linksseitigen Zugang muss jetzt noch der mediale Zugang erfolgen. Der Umstieg kann sich jedoch für den Chirurgen als schwierig darstellen und dadurch unter Umständen zu einer Notfallsituation führen. Naseri konvertierte bei einer Serie von 76 Patienten mit zunächst „T-Shaped“ Zugang sieben Patienten, wobei bei drei Patienten die Koronarien (ein Patient mit intramuraler LAD) nicht dargestellt werden konnte, eine LAD kalzifiziert war, zwei Patienten hämodynamisch instabil wurden und ein Patient refraktäres Klammerflimmern bekam (Naseri 2003). 2001 berichtete Niinami über 22 Fälle in der LESS-Technik wobei er 22 Patienten mit 28 arteriellen Bypässen ($1,3 \pm 0,6$ /Patient) versorgte. Der Hautschnitt betrug dabei $8,5 \pm 1,4$ cm (Niinami 2001).

Eine der ersten Arbeiten, in der die partielle untere Sternotomie zur Revaskularisation einem weiteren Verfahren gegenübergestellt wurde, wurde von Niinami veröffentlicht. Dabei vergleicht er nicht randomisiert die partiell untere Ministernotomie (LESS, 16 Patienten) mit der linksseitigen Mini-Thorakotomie (LAST, 16 Patienten). Bezüglich der demographischen Daten unterscheiden sich die Patienten nur im Alter signifikant (LAST 59,4 vs LESS 69,2 Jahre; $p=0,009$). Alle Patienten erhielten innerhalb eines Monats eine Herzkatheter-Untersuchung. Bis auf einen Patient in der LAST-Gruppe waren alle LIMA-LAD Anastomosen offen. Insgesamt entwickelten signifikant mehr Patienten in der LAST-Gruppe Komplikationen (zwei Wundheilungsstörungen und drei Hautempyeme im Vergleich zu keiner bei der LESS-Gruppe ($p=0,0434$)). Im Vergleich zur LAST-Gruppe hatte die LESS-Gruppe in den ersten sieben Tagen einen signifikant

niedrigeren subjektiven „Schmerz-Score“ angegeben ($p \leq 0,0065$ für alle Untersuchungen). Die linkslaterale Minithorakotomie (LAST) ist auch bislang noch der gebräuchlichere Zugang, wenn ein minimaler Zugang zur Revaskularisation der LAD benutzt wird. Jedoch gibt es nicht nur positive Berichte bezüglich dieses Verfahrens. In der Herzchirurgie des Klinikum Großhadern wurden 57 Patienten zwischen Dezember 1996 und Dezember 1998 im MIDCAB-Verfahren mit einem etwa sieben cm messenden Hautschnitt und einer linksseitigen Minithorakotomie operiert. Diese wurden mit 45 Patienten mit voller Sternotomie und OPCAB verglichen. Perioperativ verstarb kein Patient. Die Operationszeiten lagen mit 169 ± 48 (MIDCAB) vs. 197 ± 45 Minuten für die volle Sternotomie signifikant kürzer ($p = 0,004$). Allerdings war die Komplikationsrate nach MIDCAB deutlich höher: vier vs. null Bypassverschlüsse ($p = 0,039$) und sieben vs. zwei Bypasstenosen ($p = 0,06$). Auch akute Revisionen mussten in neun vs. null Fälle vorgenommen werden ($p = 0,023$). Tendenziell waren auch nach einem mittleren Follow-Up von 5,2 Jahren mehr Koronarinterventionen erforderlich (sechs nach MIDCAB vs. eine nach OPCAB mit voller Sternotomie) bzw. hatten häufiger erneute Angina pectoris Beschwerden (23 MIDCAB vs. 12 nach voller Sternotomie). Diese Erfahrungen waren auch der Grund, weshalb am Klinikum Großhadern nach einem alternativen minimal invasiven Zugang gesucht wurde.

Die inflammatorische Reaktion auf das chirurgische Trauma wurde durch Leukozyten, dem CRP und proinflammatorische Zytokine IL-6, TNF- α und dessen Untergruppen TNF α -p55 und -p75 gemessen (Menger 2004). Viele Studien zeigen, dass bei kardiochirurgischen Operationen das chirurgische Trauma für die Freisetzung von Leukozyten und Zytokinen verantwortlich ist (Diegeler 1998; Diegeler 2000; Biglioli 2003). In unseren Untersuchungsgruppen war Kreatinin zwischen den Gruppen nicht unterschiedlich. Zudem war es auch kaum in der postoperativen Phase angestiegen, sodass von keiner Beeinträchtigung der renalen Leistung ausgegangen werden kann. Damit waren die Bedingungen für eine aussagekräftige Bewertung der Laborparameter wie Myokardmarker oder Inflamationsparameter gegeben.

Bereits Diegeler et al. hatten gezeigt, dass der Leukozytenanstieg hauptsächlich vom chirurgischen Trauma und weniger von der Anwendung der extrakorporalen

Zirkulation bestimmt wird (Diegeler 1998). Sie hatten zwei Gruppen von Patienten mit RITA-LAD Revaskularisation gegenübergestellt, einmal in Off-Pump-Technik und einmal mit HLM operiert. Dabei wurde nur ein geringer Unterschied in den Leukozytenzahl zwischen den Gruppen gefunden. In unserer Studie gab es keinen signifikanten Unterschied der Leukozytenzahl zwischen der Minithorakotomie- und der FST-Gruppe. Lediglich im longitudinalen Verlauf gab es zwei Spitzen. Die erste Spitze trat nach Minithorakotomie bei zwei Stunden postoperativ auf und bei der FST-Gruppe etwas später nach sechs Stunden. Die zweite Spitze fand sich in PLST-Gruppe nach 24 Stunden, in der FST-Gruppe nach 48 Stunden. Die Leukozyten zeigten damit keinen Hinweis hinsichtlich der inflammatorischen Antwort auf das chirurgische Trauma. Ein signifikanter Unterschied besteht in unserer Studie nicht. Das CRP zeigte sein Maximum in beiden Gruppen 48 Stunden postoperativ. Dies zeigt, dass das Protein sehr verzögert reagiert. Das CRP reagiert auch sehr unspezifisch auf Veränderungen im Körper. Es ist zwar gut als postoperativer Verlaufsparemeter geeignet, jedoch ist eine genaue Differenzierung bzw. eine pathophysiologische Zuordnung kaum möglich. So fand auch Song et al. keinen Unterschied bei Patienten die Off-Pump operiert wurden und anschließend in zwei Gruppen aufgeteilt wurden, nämlich mit und ohne postoperativen inflammatorischen Komplikationen. Das CRP reagierte in beiden Gruppen nahezu gleich (Song 2008) mit einem Maximum ebenfalls nach 48 Stunden.

Interleukin-6 bot ebenfalls keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des operativen Traumas. Auch der Peak des Wertes trat in beiden nach acht Stunden postoperativ auf. Diegeler et al. fand ähnliche Ergebnisse in seiner Studie, in der er verschiedene Zugangswege mit und ohne HLM bei der Myokardrevaskularisation gegenüberstellte. Bereits nach vier Stunden war ein IL-6 Maximum zu erkennen, dabei mit schneller Rückbildung (Diegeler 2000). Auch er führte die Reaktion mehr auf das chirurgische Trauma zurück und nicht auf die HLM. Auch mit diesem „Akut-Phase“-Marker lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen unseren Gruppen finden.

Wesentlich auffälliger waren die Reaktionen von TNF- α zwischen unseren beiden Gruppen. So reagierten beide Gruppen annähernd gleich schnell bzgl. TNF- α auf die Operation (PLST-Peak bei sechs Stunden und FST-Peak bei vier Stunden). Jedoch

fiel die Reaktion bei der PLST-Gruppe mit signifikant höheren Werten bei den postoperativen Messpunkten deutlich heftiger aus: zwei, sechs (fast doppelt so hoch), zwölf und 120 Stunden. Die Akutphase-Antwort auf das lokale chirurgische Trauma wird lokal durch Makrophagen und Monozyten eingeleitet, was wiederum zu einem Anstieg proinflammatorischer Zytokine wie TNF- α führt. Dies wiederum führt bei exzessivem Anstieg zu einem erhöhtem Risiko eines ARDS (Adult Respiratory Distress Syndrome) und Mortalität (Song 2008). In unserer Gruppe konnte eine entsprechende Korrelation nicht gefunden werden. Sowohl massiver Blutverlust als auch Sepsis korrelieren mit den Werten. In unserer Gruppe trat aber kein septisches Geschehen auf. TNF- α stimuliert die Ausschüttung von IL-6. Die Werte des von uns bestimmten IL-6 zeigten jedoch keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Wenn TNF- α als Marker für ein chirurgisches Trauma herangezogen werden kann, so ist bei kleinerer Inzision trotzdem das chirurgische Trauma höher, zumal bis auf die LITA-Präparationszeit alle anderen perioperativen Parameter nahezu gleich waren. Die Intubationszeit der Patienten war zwar im Schnitt zwei Stunden länger in der PLST-Gruppe, signifikant war dies nicht. Die Freisetzung von CK war nach Ministernotomie ebenfalls nicht signifikant höher als nach voller Sternotomie. Damit man an das Zielgefäß gelangen konnte, müssen teilweise die linksperikardialen Zugnähte etwas straffer angezogen werden, um das Herz mittig zu verlagern. Andererseits besteht keine große Ausweichmöglichkeit des Herzens nach rechts. Hier ist vorstellbar, dass erhebliche Zug- und Scherkräfte auf den Thorax und das Myokard wirken. Andererseits ist das komplette Aufsägen und Aufspreizen des Brustkorbes ebenfalls mit deutlichen Kräften auf das Thorax-Gerüst verbunden. Weiterhin ist die CKMB nach zwei und sechs Stunden postoperativ bei voller Sternotomie signifikant höher als nach Ministernotomie. Troponin ist zudem in beiden Gruppen ähnlich hoch mit dem Maximum zwischen acht bzw. zwölf Stunden postoperativ. Ein höheres myokardiales Trauma durch die Ministernotomie kann daher ausgeschlossen werden. Für diesen Unterschied können natürlich andere Faktoren, die wir nicht erfassen konnten, verantwortlich sein. Eine Korrelation zum klinischen Verlauf hatte sich für uns nicht dargestellt. Tendenziell können die Patienten nach Ministernotomie sogar früher extubiert und entlassen werden. Die TNF-Rezeptoren p55 und p75 zeigten in unseren Gruppen ein Maximum nach acht Stunden (Ministernotomie) bzw. nach zwölf Stunden (volle Sternotomie), ohne signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. So fand die Gruppe um Diegeler

zwar einen signifikanten Unterschied der Rezeptoren nach Operationen mit HLM im Vergleich zu Off-Pump mit verschiedenen Zugangswegen, was als erhöhter Reperfusionsschaden nach kardioplegischem Herzstillstand gewertet wurde. Eine Korrelation zur Klinik ergab sich nicht (Diegeler 2000).

Die myokardiale Schädigung hatte im Wesentlichen keinen Unterschied zwischen den Gruppen gezeigt. Während CK und Troponin einen ähnlichen Verlauf nahmen, war die CKMB nach zwei und sechs Stunden postoperativ bei der Ministernotomie-Gruppe etwas aber dennoch signifikant niedriger. Im weiteren Verlauf war dann aber kein Unterschied mehr festzustellen. In der Literatur wurden hierzu noch keine vergleichbaren Studien durchgeführt. So beschreibt zwar Troise et al. den Verlauf und Mittelwert von CK bei 61 Patienten nach „Reversed L-Shaped“ Ministernotomie (56 Patienten) und fünf mit „T-Shaped“ Ministernotomie, aber schon aufgrund der unterschiedlichen Wertangaben kann ein Vergleich nicht durchgeführt werden. Eine Vergleichsgruppe fehlt zudem (Troise 2002). Die Myokardmarker bewegten sich in einem üblichen Rahmen nach herzchirurgischen Eingriff. Niinami hatte einen medianen CKMB-Spitzenwert in einer Arbeit bei 7,2 U/L (Ergebnisbreite: 2-17 U/L) gefunden und in einer weiteren einen durchschnittlichen Maximalwert von 7.9 ± 4.6 U/L (Niinami 2001; Niinami 2005). Damit bewegten sich seine Werte in gleichem Rahmen, wie die unserer Patienten. Mehr Information kann bezüglich lateraler Thorakotomie bei MIDCAB und OPCAB mit voller Sternotomie in der Literatur gefunden werden: Kilger beschreibt 87 Patienten, die sich in drei Gruppen aufteilen. Eine Gruppe beinhaltete 29 MIDCAB-Fälle, eine weitere war mit 27 OPCAB und voller Sternotomie beschrieben worden. 31 Patienten waren einer konventionellen Bypassoperation unter HLM-Bedingungen unterzogen worden (Kilger 2000). Alle Patienten benötigten höchstens zwei Bypässe. Die Gruppen unterschieden sich nicht in den Patienten Charakteristika. Abgesehen von signifikant weniger Myokardtrauma (Troponin und CKMB) der OPCAB und MIDCAB Patienten im Vergleich zur HLM-Gruppe waren zudem noch CK und Myoglobin in der OPCAB-Gruppe signifikant niedriger. Dies spricht für ein höheres Muskeltrauma beim MIDCAB-Zugang. Ähnliche Ergebnisse fand Guliemos (Guliemos 2000). Er untersuchte vier verschiedene Operationstechniken mit jeweils zehn Patienten pro Gruppe (MIDCAB, Konventionell mit HLM, MIDCAB mit HLM und Off-Pump und volle Sternotomie). So fand er heraus, dass im Vergleich zu den Operationen mit

HLM Troponin und CKMB bei den Verfahren ohne HLM signifikant niedriger waren. Zudem war Troponin signifikant geringer bei MIDCAB im Vergleich zu den anderen Verfahren. Inflammation (IL-6) war aber wiederum bei den MIDCAB-Zugängen deutlich höher im Vergleich zu den Sternotomiezugängen. Eine klinische Korrelation fanden aber weder Kilger noch Guliemos (Kilger 2000; Guliemos 2000). Der Blutverlust über die Drainagen lag bei den Patienten mit Ministernotomie nicht signifikant (um etwa 40%) unter dem nach voller Sternotomie. Die Blutungsmenge unserer Patienten war im Vergleich zu der Patientengruppe von Naseri (230 ± 90 ml) deutlich höher (Naseri 2003). In dieser Publikation fehlen jedoch Angaben über präoperative Gabe von Aggregationshemmer oder Antikoagulation und auch über den Zeitpunkt der Werteabnahme. So werden in einigen Studien nach acht oder zwölf Stunden die Angaben zur Blutungsmenge gemacht. Auch die Patienten bei Del Giglio verloren nur etwa die Hälfte des Volumens (nach 24 Stunden 361.8 ± 223.3 ml) verglichen mit unserer Patientengruppe (Del Giglio 2008). Bei unseren Patienten war es die komplette Menge an Blut-Flüssigkeits-Volumen, das über die Drainagen abgeleitet wurde. Zudem hatten alle Patienten unserer Gruppe eine entsprechende gerinnungshemmende Medikation. Bei 28% der Patienten in der FST-Gruppe und bei 21% der Patienten in der PLST-Gruppe bestand bis zum Zeitpunkt der Operation sogar eine doppelte Aggregationshemmung mit ASS und Clopidogrel. Jeweils ein Patient der beiden Gruppen hatte eine Nachblutung und wurde erneut operiert. Der Hb-Wert lag bei Patienten nach voller Sternotomie im postoperativen Verlauf zwischen zwei Stunden und 48 Stunden signifikant niedriger. Erst ab 120 Stunden postoperativ bestand kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den Gruppen. In der Literatur gibt es aber keine Studie die den Hb-Wert zwischen voller und partieller Sternotomie bei der Revaskularisation vergleicht. Jedoch konnte Yilmaz bei Patienten, die eine obere Teilsternotomie für einen Aortenklappenersatz bekamen, zeigen, dass sie, verglichen zur vollen Sternotomie, signifikant weniger Blut über die Drainagen verloren und kürzere Beatmungszeiten hatten (Yilmaz 2011).

Die Zeitdauer der Operation der Patienten über eine partielle untere Sternotomie war kaum länger als über die volle Sternotomie. Die Präparation der LITA hingegen dauerte im Schnitt ca. 13 Minuten länger ($p=0,02$). Es ist daher zu vermuten, dass die Blutstillungs- und Verschlussphase bei der Teilsternotomie deutlich schneller ist. Dies ist wohl dem Umstand zuzuordnen, dass die LITA-Präparation unter PLST-

Bedingungen vorausschauender durchgeführt worden war. Im Rahmen der Nachkontrolle zeigte sich bei einem Patienten nach PLST ein sehr kurzer LITA-Bypass, die postoperative Untersuchung fand nach sechs Jahren statt. Es zeigte sich, dass der Bypass selbst bei sehr kurzstreckiger Präparation der LIMA offen war. Nach Rücksprache mit den Chirurgen wurde dies als eine nicht optimale und nicht zu bevorzugende LITA-Präparation gewertet.

Die Intubationszeit hingegen war bei den beiden Gruppen im Wesentlichen die Gleiche. Sie war bei der PLST-Gruppe mit dreizehn Stunden, in der FST-Gruppe mit elf Stunden gemessen worden. Die Intubationszeiten erscheinen im Vergleich mit der Literatur insgesamt deutlich länger. Die Extubation bzw. die Entlassung vom Intensivaufenthalt erfolgte bei der Patientenpopulation von Naseri beispielsweise bereits nach $4,1 \pm 1,6$ Stunden bzw. $17,6 \pm 3,4$ Stunden (Naseri 2003) und bei der Patientengruppe von Grandjean bei 9,6 Stunden bzw. 14,6 Stunden im Mittel. Die postoperative Intensivzeit bei der PLST-Gruppe lag bei 24 Stunden, war aber deutlich kürzer als die Intensivzeit der FST-Gruppe mit 51 Stunden ($p=0,07$). Während sowohl Krankenhaus als auch Intensivzeit von mehreren Faktoren abhängt, ist die Intubationszeit so kurz wie möglich zu gestalten. Die postoperative Intensivbetreuung wurde in der Herzchirurgie der Universität München aber häufig von jungen Kollegen übernommen. So wurden die am Nachmittag operierten Patienten, die abends auf die Intensivstation verlegt wurden oft erst am nächsten Morgen extubiert, obwohl die Extubationskriterien oft schon früher erfüllt waren. Dies hängt damit zusammen, dass es wesentlich sicherer ist, wenn die Patienten im Anwesenheit erfahrener Kollegen extubiert werden (persönliche Kommunikation). Weiterhin waren vor zehn Jahren die perioperativen Erfahrungen in der Off-Pump Chirurgie und gerade mit limitierten Zugangswegen weniger ausgeprägt als heute. Del Giglio konnte seine Patienten bereits nach $2,4 \pm 2,2$ Stunden extubieren (Del Giglio 2008). Der Intensivaufenthalt war hingegen mit $47,2 \pm 36,6$ Stunden im Vergleich zu unserer FST-Patientengruppe deutlich länger. Eine direkte Erklärung gibt der Autor nicht an. Jedoch handelte es sich ausschließlich um Hochrisikopatienten. Kirali führte die partiell untere Ministernotomie, Off-pump und Einfach-Bypassoperation sogar am wachen Patienten ($n=19$) ohne Intubation nur mit hoher thorakaler Epiduralanästhesie durch (Kirali 2005). Die Patienten konnten bereits nach $2,8 \pm 1,1$ Tage das Krankenhaus verlassen. In der Gruppe mit voller

Sternotomie mussten bei zwei Patienten eine Refixation wegen Instabilität des Brustbeines vorgenommen werden: einmal nach zwei und einmal nach sechs Wochen. Ein instabiles Brustbein nach Teilsternotomie trat nicht auf ($p=0,49$). Diese Gefahr scheint mit der partiellen unteren Teilsternotomie geringer zu sein. Auch in der gesamten Literatur bezüglich dieses Zuganges wird nur ein Fall (1%) von Naseri geschildert (Naseri 2003). Betrachtet man die Patienten der kompletten Literatur inklusive unserer Patienten ($n>490$) liegt die postoperative Refixation wegen Instabilität des Brustbeines bei lediglich 0,2%. Der Patient der wegen Sternuminstabilität operiert wurde erhielt zudem eine „T-Shaped“ Sternotomie. Die erhält zwar auch das Manubrium intakt, das restliche Sternum ist aber abgesetzt und damit potentiell einer höheren Instabilitätsgefahr im Vergleich zur partiellen unteren Sternotomie ausgesetzt. Der Erhalt der oberen Thoraxaperatur scheint dabei das ausschlaggebende Element zu sein. Hingegen ist bei der partiellen oberen Ministernotomie, wie er für den minimal invasiven Aortenklappenersatz verwendet wird, kein evidenter Vorteil außer einer kosmetischen Verbesserung zu finden. Es konnte in einer großen Studie (Bakir 2006) oder der Meta-analyse von Scarci, in der die gesamte Population der Studien über 11.000 Patienten betrug, keinen Unterschied hinsichtlich Sternuminstabilität oder anderer Morbidität und Mortalität im Vergleich zur vollen Sternotomie gefunden werden (Scarci 2009). Eine Mediastinitis oder tiefe Wundinfektionen, die in Zusammenhang mit einer Sternuminstabilität immer wieder auftreten, waren nicht beobachtet worden. Die Prävention dieser Komplikation, wie sie zum Beispiel durch eine partielle untere Ministernotomie möglich sein kann, ist ein vorrangiges Ziel in der Herzchirurgie. Die Rate dieser schweren Infektionen wird zwischen 0,2% und 8% in der Literatur beschrieben mit einer Mortalität bis 50% (Schimmer 2007, Filsoufi 2009).

5.2 Follow-Up 2011

In der hier durchgeführten Nachbeobachtung 2011 waren insgesamt sechs Patienten verstorben. Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant. Ein Patient aus der PLST-Gruppe, der jedoch wegen Konversion zur vollen HLM aus der unmittelbar postoperativen Nachbeobachtung aus der Studie exkludiert wurde, verstarb nach etwa fünf Jahren an den Folgen einer bereits präoperativ bekannten Leberzirrhose. Auch die 5 Patienten der FST-Gruppe starben nicht an den Folgen

der Herzerkrankung oder Bypassoperation, vielmehr an den Folgen der Komorbidität. Eine Patientin hatte in der FST-Gruppe einen Bypassverschluss, es musste ein Stent in den Bypass implantiert werden. In der Nachuntersuchung 2011 war eine Instent-Stenose festgestellt worden. Fünf Patienten in PLST-Gruppe und sechs Patienten in der FST-Gruppe boten zum Zeitpunkt der Operation höhergradige Stenosen anderer Koronargefäße, wobei nicht alle mit einem weiteren Bypass versorgt wurden. Vier Patienten wurden in der postoperativen Phase (einer in der PLST-Gruppe vs. drei in der FST-Gruppe ($p=0,62$) an weiteren Herzkranzgefäßen gestentet. Dies hatte aber keinen Einfluss auf die Morbidität und Mortalität. In einer kürzlich veröffentlichten Langzeituntersuchung (Follow-Up sieben Jahre) konnte Rastan zeigen, dass die inkomplette Revaskularisation von RCX oder RCA zu keiner höheren Früh- oder Spätletalität führt, sofern ein gut funktionierender LITA-LAD Bypass vorhanden ist (Rastan 2009). In einer konsekutiven Patientengruppe von 8806 Patienten fand er 936 (10.6%) Patienten mit inkompletter Revaskularisation. Das kumulative Überleben lag nach einem und fünf Jahren bei 93,1% vs. 93,6% und 82,2% vs. 80,9% ($p=0,457$). In Anbetracht dieser Ergebnisse kann man die partielle untere Ministernotomie beispielsweise auch bei Mehrgefäßerkrankung als Hybrid-Prozedur mit nachfolgender Stentimplantation der übrigen Gefäße anbieten. Dies kann für einige Patienten, die durch eine komplette Sternotomie hochgradig gefährdet wären, wie beispielsweise insulinpflichtige Diabetiker oder Patienten mit hochgradiger Lungenerkrankung, eine gute Alternative bedeuten.

Das wichtigste Ergebnis unserer Untersuchung war das Langzeitüberleben aller Patienten der PLST-Gruppe, ohne dass sie sich einer erneuten herzchirurgischen Operation oder einer kardiologischen Intervention unterziehen mussten. Damit konnte gezeigt werden, dass der limitierte Zugang keine Gefahr für die Patienten, das LITA-Graft oder die LITA-LAD Anastomose bedeutet. Auch in der Literatur wird keine höhere Gefahr für den Patienten beschrieben. Bei Niinami wurden nach einem Monat alle Patienten einer erneuten Koronarangiographie unterzogen. Ein Patient hatte einen Bypassverschluß (Offenheitsrate 96%; Niinami 2001). Sowohl Lichtenberg (postoperative Nachuntersuchung innerhalb der ersten 8 Tage) als auch del Giglio (Kardio-CT drei Monate nach Operation) hatten bei keinem der Patienten eine Bypasskomplikation gefunden (Offenheitsrate 100%; Lichtenberg 1999; Del

Giglio 2008). Bei Naseri, der eine LAD und RCA Revaskularisation durch einen „T-Shaped“-Zugang durchführte, berichtete von einer Offenheitsrate von 90% bei 76 Patienten nach einem Jahr. Bei Troise hatten 18 Patienten (31%) zwischen einem und 17 Monaten eine angiographische Kontrolle. Ein Patient hatte einen verschlossenen Bypass (Offenheitsrate 9,4%; Troise 2002). Diese Ergebnisse zeigen, dass die Operationstechnik in der Hand eines erfahrenen Chirurgen zu guten Ergebnissen führt und den Patienten sicher angeboten werden kann, sei es aus medizinischen Gründen oder aus kosmetischen.

Abschließend sei noch kurz auf die Auswertung der Lebensqualität eingegangen (Fragebogen 2011). Erstaunlicherweise wurde die Operationsnarbe in beiden Gruppen nahezu gleich bewertet ($p=0,86$). Es scheint, dass sie für die Patienten im höheren Alter und nach etwa neun bis zehn Jahren keine kosmetische Bedeutung mehr hat. Auch die weiteren Fragen hinsichtlich des Gesundheitszustandes oder der Lebensqualität im Vergleich zu präoperativen Bedingungen boten keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die aktuelle Lebensqualität wurde zwar nicht signifikant, jedoch tendenziell von der PLST-Gruppe besser bewertet ($p=0,08$). Eine Bewertung anhand der Literatur ist nicht möglich, da es diesbezüglich keine vergleichbaren Daten gibt. In der Literatur werden zwei Arbeiten beschrieben, die die postoperativen Schmerzen des Eingriffes beschreiben (Trehan 2000; Niinami 2005). Dabei wird von beiden die laterale Thoraxeröffnung mit der partiell unteren Sternotomie für die Einfach-Bypassoperation verglichen. Bei beiden empfanden die Patienten die Teilsternotomie als signifikant weniger schmerzhaft. Trehan vergleicht hierzu jeweils 267 Patienten mit Teilsternotomie mit der gleichen Anzahl an Patienten mit linksseitiger Thorakotomie. Ab dem zweiten postoperativen Tag bewerteten die Patienten die Teilsternotomie als signifikant weniger schmerzhaft ($p<0.05$). Bei Niinami bewerteten die Patienten die Teilsternotomie bereits ab dem ersten postoperativen Tag als hoch signifikant weniger beschwerlich ($p<0.0001$).

Auffällig war, dass die FST-Gruppe in dem Follow-Up 2011 Fragebogen im Vergleich zum präoperativen Status in den verkürzten QoL Fragen signifikant mehr Patienten einen erheblich besseren Gesundheitszustand angegeben hatten ($p<0,02$). Bei den Fragen, bei denen die Visual Analogue Scale (De Boer 2004)

zugrunde gelegt wurde, fand sich hingegen kein bedeutsamer Unterschied ($p=0,91$). Nach individueller Überprüfung konnte jedoch festgestellt werden, dass den Angaben über eine schlechtere Lebensqualität in keinem Fall eine kardiale Ursache zuzuordnen war. Es waren Tumor-Erkrankungen oder degenerative Erkrankungen des Stütz-und Bewegungs-Apparates genannt worden, aber auch einfach altersbedingte Einschränkungen. Damit gleicht sich die Gesamtheit der QoL-Fragen aus. Ein signifikanter Unterschied war also insgesamt nicht zu erkennen. Dies mag an der geringen Fallzahl liegen. Bei größeren Fallzahlen könnte sich ein deutlicheres Ergebnis abzeichnen.

6. SCHLUSSFOLGERUNG

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die partielle untere Ministernotomie im perioperativen Verlauf keine Nachteile gegenüber der vollen Sternotomie bei der Revaskularisation der Vorderwand des Herzens besitzt. Über einen kosmetisch vorteilhaften kurzen Hautschnitt kann die Arteria thoracica interna durch einen erfahrenen Chirurgen präpariert werden und mit den Zielgefäßen der Vorderwand des Herzens, vor allem dem Ramus interventrikularis anterior, sicher anastomosiert werden. Abgesehen von dem besseren kosmetischen Ergebnis ist vor allem die erhaltene obere Thoraxaperatur ein wichtiges klinisches Argument für diese Operationstechnik.

Im Langzeitverlauf bot keiner der Patienten eine Komplikation hinsichtlich des Eingriffes, des Bypassgrafts oder der Anastomosen. Alle untersuchten Bypasses waren offen. Durch dieses Ergebnis kann allen geeigneten Patienten dieser Zugang angeboten werden. Die Untersuchungsergebnisse hatten dazu beigetragen, dass im letzten Quartal 2011 in der Herzchirurgischen Klinik der Universität München erneut bei sechs Patienten vorwiegend aus medizinischer Indikation die Versorgung der Vorderwand des Herzens durch eine partielle untere Ministernotomie durchgeführt wurde und sich damit das Verfahren etabliert hat.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung:

Die operative Revaskularisation über einen kleinen Zugang (PLST) ist aus kosmetischer Sicht dem Standard-Zugang über eine komplette Sternotomie (FST) überlegen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sie eine Herausforderung darstellt und hinsichtlich der Offenheitsrate der koronaren Bypässe und der Ergebnisse als riskant einzustufen ist. Daher wurden zwei Gruppen mit koronaren Bypässen zur Vorderwand verglichen: Gruppe A mit PLST und Gruppe B mit FST.

Methoden:

Gruppe A bestand aus 19 konsekutiven Patienten (14 männliche); Gruppe B aus 21 Patienten (14 männliche). Das Durchschnittsalter der Gruppe A lag bei 61 ± 9 Jahren und bei 61 ± 11 Jahren ($p=0.71$) in der Gruppe B. In der Gruppe A hatten die Patienten einen etwas höheren Body Mass Index (29 ± 3.1) verglichen mit der Gruppe B (27.0 ± 3.6) ($p=0.08$). Die durchschnittliche Anzahl der koronaren Bypässe war 1.2 ± 0.2 in der Gruppe A und 1.2 ± 0.4 ($p=0.26$) in der Gruppe B. In der Gruppe A wurden acht Patienten mit einer einfachen Thrombozytenaggregations-Hemmung behandelt, sieben Patienten in der Gruppe B ($p=0.75$), eine duale Plättchen-Hemmung erhielten acht Patienten in Gruppe A und sechs Patienten in der Gruppe B ($p=0.72$). Peri- und postoperativ wurden verschiedene Laborparameter zum Verlauf bestimmt. Ein Follow-Up wurde mittels eines Fragebogens erstellt. Zum Teil wurde auch der persönliche Kontakt zum Patienten oder Hausarzt erforderlich.

Ergebnisse:

Das durchschnittliche Follow-Up lag bei 8,4 Jahren. Die Inzisionslänge betrug in der Gruppe A $7,7 \pm 0,9$ cm (6-10cm) und in der Gruppe B $20,2 \pm 4,0$ cm (13-28 cm), der Unterschied war hochsignifikant ($p<0,001$). Die Operationszeit war statistisch gesehen bei beiden Gruppen nicht unterschiedlich (184 ± 37 min vs. 182 ± 43 min, $p=0,88$). Bei einem Patienten in der Gruppe A war die Konversion in eine volle Sternotomie mit Einsatz der extrakorporalen Zirkulation erforderlich (intramural gelegene LAD). Blutverlust, Intubationszeit und Krankenhaus-Aufenthaltsdauer waren in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Der Intensivaufenthalt war in Gruppe A kürzer, hatte aber keine statistische Signifikanz erreicht ($23,6 \pm 8,5$ h vs.

51,3±61,1h; $p=0,07$). Postoperativ gemessenes Troponin und Entzündungsparameter (Leukozyten, CRP, Interleukin-6, TNF α p55, TNF α p75) waren nicht signifikant unterschiedlich. Signifikante Unterschiede fanden sich bei Hämoglobin-Werten, der CKMB Bestimmung, sowie bei der Ermittlung der TNF α -Werte (nicht bei den Subgruppen). Je eine Rethorakotomie wegen einer Blutung war in beiden Gruppen erforderlich ($p=1,0$). Zwei Patienten der FST-Gruppe mussten sich einer neuerlichen Sternum-Refixation unterziehen ($p=0,49$). Die koronaren Bypässe in beiden Gruppen waren offen. In der FST-Gruppe musste ein Patient einer Stent-Implantation wegen einer stenosierten LITA unterzogen werden. Das aktuarisierte Überleben lag in der PLST-Gruppe unmittelbar postoperativ, nach eineinhalb und nach neun Jahren bei 100%, 100% und 94.7% und in der FST-Gruppe bei 95,5%, 86,9% und 72,7% ($p=0,104$). Alle Todesfälle, die während der Beobachtungszeit auftraten, basierten auf nicht-kardialen Ursachen. In einem Visual Analogue Scale berichteten Patienten aus beiden Gruppen ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Zufriedenheit mit der Narbe ($p=0,16$) und dem Allgemeinbefinden ($p=0,55$).

Schlussfolgerung:

Abgesehen von der Tatsache, dass die partielle untere Sternotomie kosmetisch zu favorisieren ist und eine hervorragende Sternum-Stabilität bietet, ist die partielle untere Sternotomie für Off-Pump-Revaskularisation der Vorderwand ein sicherer Zugang mit hervorragenden Langzeitergebnissen. Besondere Vorsicht ist bei intramural gelegenen Gefäßen gefordert.

8. LITERATURVERZEICHNIS

Allam AH, Thompson RC, Wann LS, Miyamoto MI, Nur El-Din Ael-H, El-Maksoud GA, Thomas GS.

Atherosclerosis in ancient Egyptian mummies: the Horus study.
JACC Cardiovasc Imaging. 2011 Apr;4(4):315-27.

Aybek T, Kessler P, Dogan S, Neidhart G, Khan MF, Wimmer-Greinecker G, Moritz.
Awake Coronary Artery Bypass Grafting: Utopia or Reality?
Ann Thorac Surg. 2003 Apr;75(4):1165 -70.

Bakir I, Casselman FP, Wellens F, Jeanmart H, De Geest R, Degrieck I, Van Praet F, Vermeulen Y, Vanermen H.
Minimally invasive versus standard approach aortic valve replacement: a study in 506 patients.
Ann Thorac Surg. 2006 May;81(5):1599-604.

Bauer T, Zahn R.
Modern treatment in acute coronary syndrome.
Dtsch Med Wochenschr. 2012 Apr;137(14):722-5.

Biglioli P, Cannata A, Alamanni F, Naliato M, Porqueddu M, Zanobini M, Tremoli E, Parolari A.
Biological effects of off-pump vs. on-pump coronary artery surgery: focus on inflammation, hemostasis and oxidative stress.
Eur J Cardiothorac Surg. 2003 Aug;24(2):260-9.

Birdi I, Caputo M, Underwood M, Bryan AJ, Angelini GD.
The effects of cardiopulmonary bypass temperature on inflammatory response following cardiopulmonary bypass.
Eur J Cardiothorac Surg. 1999 Nov;16(5):540-5.

Blömer H.

When cardiology became a separate matter.

Eur J Med Res. 2006 Oct 27;11(10):415-7.

Boehm DH, Detter C, Arnold MB, Deuse T, Reichensperner H.

Robotically assisted coronary artery bypass surgery with the ZEUS telemanipulator system.

Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2003 Apr;15(2):112-20.

Böttcher W., Alexi-Meskishvili V.

Die Herznaht im neunzehnten Jahrhundert.

Z Herz- Thorax- Gefäßchir. 2006;20:36–44.

BQS Institut für Qualität & Patientensicherheit GmbH.

Ergebnisse mit Bewertung. 2008; 61.

Buffolo E, Andrade JC, Branco JN, Aguiar LF, Ribeiro EE, Jatene AD.

Myocardial revascularization without extracorporeal circulation. Seven-year experience in 593 cases.

Eur J Cardiothorac Surg. 1990;4(9):504-7.

Caynak B, Sagbas E, Onan B, Onan IS, Sanisoglu I, Akpınar B.

Robotically enhanced coronary artery bypass grafting: the feasibility and clinical outcome of 196 procedures.

Int J Med Robot. 2009 Jun;5(2):170-7.

Chambers DJ, Fallouh HB.

Cardioplegia and cardiac surgery: pharmacological arrest and cardioprotection during global ischemia and reperfusion.

Pharmacol Ther. 2010 Jul;127(1):41-52. Epub 2010 Apr 14.

Crossland DS, Jackson SP, Lyall R, Hamilton JR, Hasan A, Burn J, O'Sullivan JJ.

Patient attitudes to sternotomy and thoracotomy scars.

Thorac Cardiovasc Surg. 2005 Apr;53(2):93-5.

De Boer AG, van Lanschot JJ, Stalmeier PF, van Sandick JW, Hulscher JB, de Haes JC, Sprangers MA.

Is a single-item visual analogue scale as valid, reliable and responsive as multi-item scales in measuring quality of life?

Qual Life Res. 2004 Mar;13(2):311-20.

Del Giglio M, Dell'Amore A, Aquino T, Calvi S, Calli M, Marri C, Boni F, Lamarra M.

Minimally invasive coronary artery bypass grafting using the inferior J-shaped ministernotomy in high-risk patients.

Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2008 May;7(3):402-5. Epub 2008 Feb 14.

Del Giglio M, Dell'Amore A, Zuffi A, Sokoli A.

One-stage hybrid procedure: association between awake minimally invasive surgical revascularization and percutaneous coronary intervention.

Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2009 Sep;9(3):551-3. Epub 2009 Jun 16.

Detter C, Reichenspurner H, Boehm DH, Thalhammer M, Schutz A, Reichart B.

Minimally invasive direct coronary artery bypass grafting (MIDCAB) and off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB): two techniques for beating heart surgery.

Heart Surg Forum 2002;5(2):157-62.

Diegeler A, Tárnok A, Rauch T, Haberer D, Falk V, Battellini R, Autschbach R, Hambsch J, Schneider P, Mohr FW.

Changes of leukocyte subsets in coronary artery bypass surgery: cardiopulmonary bypass versus 'off-pump' techniques.

Thorac Cardiovasc Surg. 1998 Dec;46(6):327-32.

Diegeler A, Falk V, Krähling K, Matin M, Walther T, Battellini R, Mohr FW.

Less-invasive coronary artery bypass grafting: different techniques and approaches.

Eur J Cardiothorac Surg. 1998 Oct;(14 Suppl):S13.

Diegeler A, Doll N, Rauch T, Haberer D, Walther T, Falk V, Gummert J, Autschbach R, Mohr FW.

Humoral immune response during coronary artery bypass grafting: A comparison of limited approach, "off-pump" technique, and conventional cardiopulmonary bypass.

Circulation. 2000 Nov;102(19 Suppl 3):III95-100.

Diegeler A, Thiele H, Falk V, Hambrecht R, Spyrtanis N, Sick P, Diederich KW, Mohr FW, Schuler G.

Comparison of stenting with minimally invasive bypass surgery for stenosis of the left anterior descending coronary artery.

N Engl J Med. 2002 Aug;347(8):561-6.

Dietz R, Rauch B.

Guidelines for diagnosis and treatment of chronic coronary heart disease. Issued by the executive committee of the German Society of Cardiology--Heart Circulation Research in cooperation with the German Society for Prevention and Rehabilitation of Cardiac Diseases and the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery.

Kardiol. 2003 Jun;92(6):501-21.

Dybdahl B, Wahba A, Lien E, Flo TH, Waage A, Sellevold OF, Espevik T, Sundan A. Inflammatory response after open heart surgery: release of heat-shock protein 70 and signaling through toll-like receptor-4.

Circulation. 2002 Feb;105(6):685-90.

Eising GP, Schad H, Heimisch W, Braun SL, Mendler N, Meisner H.

Elimination of TNF- α and IL-10 does not improve myocardial function after experimental cardioplegic cardiac arrest.

Eacta '99, European Association of Cardiothoracic Anaesthesiologists. Budapest, Ungarn, 16.06.-19.06.1999.

Endo M.

The history and evolution of coronary artery bypass grafting.

Nihon Geka Gakkai Zasshi. 2000 Dec;101(12):827-32.

Farhat F, Metton O, Jegaden O.

Benefits and complications of total sternotomy and ministernotomy in cardiac surgery.

Surg Technol Int. 2004;13:199-205.

Favaloro Rene G., MD.

Landmarks in the Development of Coronary Artery Bypass Surgery

Circulation. 1998;98(5):466-78.

Filsoufi F, Castillo JG, Rahmanian PB, Broumand SR, Silvay G, Carpentier A, Adams DH.

Epidemiology of deep sternal wound infection in cardiac surgery.

J Cardiothorac Vasc Anesth. 2009 Aug;23(4):488-94. Epub 2009 Apr 19.

Fraunberger P, Walli AK, Seidel D.

Zytokinanalytik. Was ist machbar – was ist sinnvoll?

Internist. 2001 Jan;42(1):35-46.

Friedrich GJ, Jonetzko P, Bonaros N, Schachner T, Danzmayr M, Kofler R, Laufer G, Pachinger O, Bonatti J.

Hybrid coronary artery revascularization: logistics and program development.

Heart Surg Forum. 2005;8(4):258-61.

Garrett HE, Dennis EW, DeBakey ME.

Aortocoronary bypass with saphenous vein graft: seven-year follow-up.

JAMA. 1973 Feb;223(7):792-4.

Gibbon JH jr.

Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery.

Minn Med. 1954 Mar;37(3):171-85.

Goddemeier, Christof

William Harvey (1578–1657): Die Entdeckung des Blutkreislaufs

Dtsch Arztebl. 2007 May; 104(20): 1375-7.

Grandjean JG, Canosa C, Mariani MA, Boonstra PW.
Reversed-J inferior sternotomy for beating heart coronary surgery.
Ann Thorac Surg. 1999 May;67(5):1505-6.

Green GE.
Rate of blood flow from the internal mammary artery.
Surgery. 1971 DEC;70(6):809-13.

Grüntzig A.
Perkutane Dilatation von Koronarstenosen; Beschreibung eines neuen
Kathetersystems.
Klin Wochenschr. 1976 Jun;54(11):543-5.

Grüntzig A.
Transluminal dilatation of coronary-artery stenosis.
Lancet. 1978 Feb;1(8058):263.

Gulielmos V, Menschikowski M, Dill H, Eller M, Thiele S, Tugtekin SM, Jaross W,
Schueler S.
Interleukin-1, interleukin-6 and myocardial enzyme response after coronary artery
bypass grafting - a prospective randomized comparison of the conventional and
three minimally invasive surgical techniques.
Eur J Cardiothorac Surg. 2000 Nov;18(5):594-601.

Head SJ, Holmes DR Jr, Mack MJ, Serruys PW, Mohr FW, Morice MC, Colombo
A, Kappetein AP; SYNTAX Investigators.
Risk Profile and 3-Year Outcomes From the SYNTAX Percutaneous Coronary
Intervention and Coronary Artery Bypass Grafting Nested Registries.
JACC Cardiovasc Interv. 2012 Jun;5(6):618-25.

Hehlhans T, Pfeffer K.
The intriguing biology of the tumour necrosis factor/tumour necrosis factor receptor
superfamily: players, rules and the games.
Immunology. 2005 May;115(1):1-20.

Heinrich PC, Behrmann I, Haan S, Hermanns HM, Müller-Newen G, Schaper F.
Principles of interleukin (IL)-6-type cytokine signalling and its regulation.
Biochem J. 2003 Aug;374(1):1-20.

Heres EK, Marquez J, Malkowski MJ, Magovern JA, Gravlee GP.
Minimally invasive direct coronary artery bypass: anesthetic, monitoring, and pain control considerations.
J Cardiothorac Vasc Anesth. 1998 Aug;12(4):385-9.

Herold G.
Innere Medizin 2012
Herold G. 2011.

Hill JD.
John H. Gibbon, Jr. Part I. The development of the first successful heart-lung machine.
Ann Thorac Surg. 1982 Sep;34(3):337-41.

Kaplan EL, Meier P:
Nonparametric estimation from incomplete observations.
J Am Stat Ass. 1958;53:457–81.

Kilger E, Pichler B, Weis F, Goetz A, Lamm P, Schütz A, Muehlbayer D, Frey L.
Markers of myocardial ischemia after minimally invasive and conventional coronary operation.
Ann Thorac Surg. 2000 Dec;70(6):2023-8.

Kirali K, Kayalar N, Koçak T, Yakut C.
Reversed-J inferior sternotomy for awake coronary bypass.
Eur J Cardiothorac Surg. 2005 May;27(5):923-4.

Kirali K, Kayalar N, Ozen Y, Sareyyüpoğlu B, Güzelmeriç F, Koçak T, Yakut C.
Reversed-J inferior versus full median sternotomy: which is better for awake
coronary bypass surgery.
J Card Surg. 2005 Sep-Oct;20(5):463-8.

Kolessov VI.

Mammary artery-coronary artery anastomosis as method of treatment for angina
pectoris.
J Thorac Cardiovasc Surg 1967 Oct;54(4):535-44.

Konstantinov IE.

Robert H. Goetz: the surgeon who performed the first successful clinical coronary
artery bypass operation.
Ann Thorac Surg. 2000 Jun;69(6):1966-72.

Kovarević P, Mihajlović B, Velicki L, Redzek A, Ivanović V, Komazec N.
Ministernotomy: a preliminary experience in heart valve surgery.
Vojnosanit Pregl. 2011 May;68(5):405-9.

Kowert A, Meiser B, Ueberfuhr P, Reichart B.

50 years of cardiac surgery at the Ludwig-Maximilians-University Munich.
Thorac Cardiovasc Surg. 2009 Aug;57(5):251-6. Epub 2009 Jul 23.

Lapierre H, Chan V, Ruel M.

Off-pump coronary surgery through mini-incisions: is it reasonable?
Curr Opin Cardiol. 2006 Nov;21(6):578-83.

Lapierre H, Chan V, Sohmer B, Mesana TG, Ruel M.

Minimally invasive coronary artery bypass grafting via a small thoracotomy versus
off-pump: a case-matched study.
Eur J Cardiothorac Surg. 2011 Oct;40(4):804-10. Epub 2011 Mar 9.

Libby P, Theroux P.

Pathophysiology of coronary artery disease.

Circulation. 2005 Jun;111(25):3481-8.

Lichtenberg A, Klima U, Harringer W, Kim PY, Haverich A.

Mini-sternotomy for off-pump coronary artery bypass grafting.

Ann Thorac Surg. 2000 Apr;69(4):1276-7.

Menger MD, Vollmer B.

Surgical trauma: hyperinflammation versus immunosuppression?

Langenbecks Arch Surg. 2004;389:475–484.

Modi P, Rodriguez E, Chitwood WR Jr.

Robot-assisted cardiac surgery.

Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2009 Sep;9(3):500-5. Epub 2009 Jun 19.

Mueller U.

Medizingeschichte: Herznaht wider ethische Bedenken.

Dtsch Arztebl. 2007 Jan;104(1-2):A-26-8.

Naseri E, Sevinç M.

Off-Pump Coronary Bypass through Very Limited Sternotomy.

Heart Surg Forum. 2003;6(4):E63-7.

Niinami H, Takeuchi Y, Suda Y, Ross DE.

Lower Sternal Splitting Approach for Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting.

Ann Thorac Surg. 2000 Oct;70(4):1431-3.

Niinami H, Takeuchi Y, Ichikawa S, Suda Y.

Partial median sternotomy as a minimal access for off-pump coronary artery bypass grafting: feasibility of the lower-end sternal splitting approach.

Ann Thorac Surg. 2001 Sep;72(3):1041-5.

Niinami H, Ogasawara H, Suda Y, Takeuchi Y.

Single-vessel revascularization with minimally invasive direct coronary artery bypass: minithoracotomy or ministernotomy?

Chest. 2005 Jan;127(1):47-52.

Rastan AJ, Walther T, Falk V, Lehmann S, Kempfert J, Mohr FW.

Coronary artery bypass grafting on the beating heart in high-risk patients.

Herz. 2007 Sep;32(6):483-90.

Rastan AJ, Walther T, Falk V, Kempfert J, Merk D, Lehmann S, Holzhey D, Mohr FW.

Does reasonable incomplete surgical revascularization affect early or long-term survival in patients with multivessel coronary artery disease receiving left internal mammary artery bypass to left anterior descending artery?

Circulation. 2009 Sep;120(11 Suppl):70-7.

Rodriguez E, Chitwood WR.

Robotics in cardiac surgery.

Scand J Surg. 2009 April;98(2):120-4.

Rottbauer W, Greten T, Müller-Bardorff M, Remppis A, Zehelein J, Grünig E.

Troponin T: a diagnostic marker for myocardial infarction and minor cardiac cell damage.

Eur Heart J. 1996 Dec;(17 Suppl F):3-8

Scarci M, Young C, Fallouh H.

Is ministernotomy superior to conventional approach for aortic valve replacement?

Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2009 Aug;9(2):314-7. Epub 2009 May 15.

Schimmer C, Sommer SP, Bensch M, Leyh R.

Primary treatment of deep sternal wound infection after cardiac surgery: a survey of German heart surgery centers.

Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2007 Dec;6(6):708-11. Epub 2007 Sep 20.

Serruys PW, Ong AT, van Herwerden LA, Sousa JE, Jatene A, Bonnier JJ, Schönberger JP, Buller N, Bonser R, Disco C, Hugenholtz PG, Firth BG, Unger F.
Five-year outcomes after coronary stenting versus bypass surgery for the treatment of multivessel disease: the final analysis of the Arterial Revascularization Therapies Study (ARTS) randomized trial.
J Am Coll Cardiol. 2005 Aug;46(4):575-81.

Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, Colombo A, Holmes DR, Mack MJ, Stähle E, Feldman TE, van den Brand M, Bass EJ, Van Dyck N, Leadley K, Dawkins KD, Mohr FW; SYNTAX Investigators.
Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease.
N Engl J Med. 2009 Mar;360(10):961-72. Epub 2009 Feb 18.

Siegenthaler W, Blum HE.
Klinische Pathophysiologie (9. Auflage).
Thieme-Verlag, Zürich 2006.

Silverman ME.
William Heberden and Some Account of a Disorder of the Breast.
Clin Cardiol. 1987 Mar;10(3):211-3.

Song SW, Yi G, Lee S, Youn YN, Sul SY, Yoo KJ.
Perioperative indicators of stress response and postoperative inflammatory complications in patients undergoing off-pump coronary artery bypass surgery: a prospective observational study.
Circ J. 2008 Dec;72(12):1966-74. Epub 2008 Oct 21.

Stähle E, Tammelin A, Bergström R, Hambreus A, Nyström SO, Hansson HE.
Sternal wound complications--incidence, microbiology and risk factors.
Eur J Cardiothorac Surg. 1997 Jun;11(6):1146-53.

STATISTISCHES JAHRBUCH 2011

Für die Bundesrepublik Deutschland mit »Internationalen Übersichten«.

Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2011;Kap. 9;9.2.2.:251.

Tabata M, Umakanthan R, Khalpey Z, Aranki SF, Couper GS, Cohn LH, Shekar PS.

Conversion to full sternotomy during minimal-access cardiac surgery: reasons and results during a 9.5-year experience.

J Thorac Cardiovasc Surg. 2007 Jul;134(1):165-9.

Tada N, Maruyama C, Koba S, Tanaka H, Birou S, Teramoto T, Sasaki J.

Japanese dietary lifestyle and cardiovascular disease.

J Atheroscler Thromb. 2011 Sep;18(9):723-34. Epub 2011 Jun 17.

Thiem A, Attmann T, Cremer J.

Modern coronary surgery, the SYNTAX trial and updated guidelines.

Herz. 2011 Dec;36(8):669-76.

Thomas L.

Labor und Diagnose, Frankfurt/Main,

TH-Books, 2005.

Toellner R, Tsouyopoulos N, Eckart W.

Illustrierte Geschichte der Medizin.

Bechtermünz 1998; Bd 2: 1078.

Trehan N, Malhotra R, Mishra Y, Shrivastva S, Kohli V, Mehta Y.

Comparison of ministernotomy with minithoracotomy regarding postoperative pain and internal mammary artery characteristics.

Heart Surg Forum. 2000;3(4):300-6.

Troise G, Brunelli F, Cirillo M, Mhagna Z, Tasca G, Amari B, Danzi GB, Quaini E.

Ministernotomy in myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass: technical aspects and early results.

Heart Surg Forum. 2002;5(2):168-72.

Vicol C, Nollert G, Mair H, Samuel V, Lim C, Tiftikidis M, Eifert S, Reichart B
Midterm results of beating heart surgery in 1-vessel disease: minimally invasive direct coronary artery bypass versus off-pump coronary artery bypass with full sternotomy.

Heart Surg Forum. 2003 Oct;6(5):341-4.

Wippermann J, Albes JM, Brandes H, Kosmehl H, Bruhin R, Wahlers.

Acute effects of tourniquet occlusion and intraluminal shunts in beating heart surgery.
Eur J Cardiothorac Surg. 2003 Nov;24(5):757-61.

Wittwer T, Cremer J, Wahlers T, Mügge A, Heublein B, Pethig K, v. Leitner E-R, Hepp A, Wehr M, Drexler H, Haverich H.

Hybrid-Verfahren zur Myokardrevascularisation: Stellenwert der Kombination von minimal-invasiver Bypasstechnik (MIDCAB) mit interventioneller Therapie (PTCA).
Kardiologie. 1999 Jul;88(7):481-8.

Yilmaz A, Sjatskig J, van Boven WJ, Waanders FG, Kelder JC, Sonker U, Kloppenburg GT.

J-shaped versus median sternotomy for aortic valve replacement with minimal extracorporeal circuit.

Scand Cardiovasc J. 2011 Dec;45(6):379-84. Epub 2011 Aug 19.

Zenker R.

Experimental studies on extracorporeal circulation.

Langenbecks Arch Klin Chir Ver Dtsch Z Chir. 1957;287:255-62.

9. ANHANG



Fragebogen:

Bitte zurücksenden an:

Dr. Helmut Mair
Klinikum der Universität München
Herzchirurgische Klinik und Poliklinik
Marchioninistr. 15
81377 München

Lebensqualität

Bitte ankreuzen:

Wie würden sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

1: sehr gut 2: gut 3: weniger gut 4: schlecht

Gesundheitsbedingte Einschränkungen/Belastbarkeit im Alltag:

1: überhaupt nicht 2: etwas eingeschränkt 3: stark eingeschränkt 4: pflegebedürftig

Im Vergleich zur Zeit VOR der Operation, wie hat sich ihr Gesundheitszustand verändert?

1: viel besser 2: besser 3: in etwa gleich 4: schlechter

Im Vergleich zur Zeit VOR der Operation, wie hat sich ihre Belastbarkeit verändert?

1: viel besser 2: besser 3: in etwa gleich 4: schlechter

Im Vergleich zur Zeit VOR der Operation, wie würden Sie Ihre Lebensqualität bezeichnen?

1: viel besser 2: besser 3: in etwa gleich 4: schlechter

Wie würden Sie Ihr **aktuelles Befinden** bewerten? (1=sehr unzufrieden, 10=sehr zufrieden)

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Warum Ihre Bewertung (evtl. Rückseite)?.....



Fragebogen:

Wie würden Sie Ihre **aktuelle Lebensqualität** bewerten? (1=sehr unzufrieden, 10=sehr zufrieden)

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Warum Ihre Bewertung (evtl. Rückseite)?.....

Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer **OP-Narbe** an der Brust? (1=sehr unzufrieden, 10=sehr zufrieden)

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Warum Ihre Bewertung (evtl. Rückseite)?.....

Wie lang ist die Narbe?cm

Hatten Sie in den letzten 10 Jahren eine Herzkatheteruntersuchung? nein ☐ ja ☐

Wenn ja wann und welche Gefäße?.....

Hatten Sie in den letzten 10 Jahren eine Herzoperation? nein ☐ ja ☐

Wenn ja wann und welche?.....

Hatten Sie in den letzten 10 Jahren andere Operationen? nein ☐ ja ☐

Wenn ja wann und welche?.....

Waren Herzultraschall/Belastungs-EKG/ Ruhe-EKG unauffällig? nein ☐ ja ☐

Wenn **NEIN**, welche Auffälligkeiten?.....

Wer ist Ihr Hausarzt?.....

**Falls sie einen Nachuntersuchung wünschen, stehen wir Ihnen unter
089/ 7095-2930 (Sekretariat Frau Nagel) gerne zur Verfügung!**

Lieber Patient, es werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz streng eingehalten. Daten und Befunde werden verschlüsselt. Im Falle des Widerrufs Ihrer Einwilligung werden die verschlüsselt gespeicherten Daten vernichtet, spätestens aber nach 6 Monaten.

Vielen Dank!

10. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ganz besonders danke ich Herrn Dr. med. Helmut Mair für die Überlassung dieses Themas, die exzellente Betreuung und die Bereitschaft, mir mit großer Fachkenntnis intensiv und jederzeit zur Seite zu stehen.

Ebenso bedanke ich mich bei Prof. Dr. med. Christoph Schmitz und bei Herrn Professor Dr. med. Christian Hagl für die Möglichkeit, diese Doktorarbeit in der Herzchirurgischen Klinik durchführen zu können. Herrn Prof. Dr. Becker und Herrn Dr. Mair danke ich für die Überlassung des Bildmaterials.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meiner Frau und meiner Mutter, die mich während meiner gesamten Arbeit unterstützt und motiviert haben.